COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 AVRIL 1894,
PRÉSIDENCE DE M. LŒWY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les observatoires de montagne au point de vue des cyclones.* Note de M. Faye.

« Je citais, il y a quelques années, l'opinion suivante de M. le directeur du Bureau Central de Prusse, qui disait à l'Académie de Berlin :

» Quand on suit attentivement la littérature météorologique de ces derniers temps, on est forcé de reconnaître qu'il se prépare peu à peu une importante révolution dans la conception des grands mouvements de l'atmosphère.

» ... Cette révolution aura pour résultat de ramener à une juste mesure les vues soutenues par M. Faye sur les mouvements descendants à l'intérieur des cyclones et de les concilier jusqu'à un certain point avec les opinions qui régnaient naguère presque exclusivement (1).

---

(1) *Zur Theorie der Cyclone*, von W. von Bezold, p. 1 et 24.

» C'est surtout par l'étude un peu lente, mais progressive, des observations faites à de grandes altitudes que cette révolution s'est accomplie. On peut citer comme auteurs de cette élaboration : M. Hazen, sur le mont Washington, 1900^m; M. Hann, sur un groupe de montagnes autour du Sonnblick, 3100^m; M. Dallas, sur les montagnes qui bordent la péninsule hindoustanique; M. Vallot, au mont Blanc, 4365^m.

» Plus l'altitude de ces observatoires ou de ces stations est grande, plus complète a été la révolution qui vient de s'accomplir et qui aboutit finalement, comme on va le voir, à la vérification de mes théories.

» M. le professeur Hazen conclut, d'une quarantaine de cyclones et d'anticyclones observés par lui sur le mont Washington ([1]) :

» 1° La théorie actuelle sur la génération et le développement des tempêtes est fort peu solide et ne supporte pas la discussion.

» 2° Il paraît probable que la formation des tempêtes est complètement indépendante de la distribution des températures dans le sens vertical.

» Pour bien comprendre le nœud de la question, il faut se reporter à l'origine des tourbillons de toute espèce. Les uns prennent naissance à ras terre par suite de l'échauffement anormal du sol, et de là s'élèvent sur place en tournoyant quelque peu jusqu'à une faible hauteur, lorsque la constitution locale de l'atmosphère s'y prête. Les autres, c'est-à-dire les cyclones, les tempêtes, sont engendrés dans les courants élevés qui règnent entre l'équateur et l'une ou l'autre région polaire. Les tourbillons légers qui prennent naissance au ras du sol par l'effet d'un échauffement tout local, c'est la théorie acceptée, la théorie des courants ascendants de convection; c'est celle dont M. Hazen fait la critique, mais aucune allusion à la seconde théorie qu'il ne connaît pas.

» Vient ensuite M. Hann, Directeur du service météorologique autrichien, qui dispose d'une série d'observatoires sur des montagnes dont la plus haute est le Sonnblick ([2]). Ce professeur a étudié les températures de l'air à différentes hauteurs. Dans les cyclones la théorie de la convection exige que ces températures soient constamment plus élevées que celles de l'air ambiant, et particulièrement plus élevées que dans les anticyclones. Il a trouvé tout le contraire et conclut en disant :

» Nous devons aux observatoires de montagne érigés dans ces derniers temps

---

([1]) *Storms and central ascendant courant*, dans l'*American meteor. Journal* de juillet 1889.

([2]) *Denkschriften der M. N. Classe der K. Academie,* Band lvii, 1890.

d'être désormais affranchis du préjugé d'après lequel la température dans les cyclones et les anticyclones devait être la condition première de ces phénomènes.

» C'était la condamnation la plus formelle de la fameuse théorie de la convection, de même que l'expérience sur la vitesse de la lumière dans l'eau et dans l'air a fait disparaître la théorie de l'émission malgré les partisans acharnés de cette hypothèse.

» Malheureusement un célèbre météorologiste américain, M. Ferrel, dont tous les travaux reposaient sur l'hypothèse de la convection, attaqua le savant autrichien ([1]). M. Ferrel ignorait absolument mes idées; il croyait par exemple que les trombes aspirent l'eau des mers. M. Hann a eu, à plusieurs reprises, la bonté de me citer, mais il n'a point fait intervenir mes théories dans ce débat, ce qui en aurait singulièrement modifié les conclusions. Sommé de ne pas s'écarter des théories reçues, il s'inclina devant l'autorité de M. Ferrel :

» Nous terminons, dit-il dans sa réponse ([2]), par avouer que, malgré les objections que nous avons été conduits, par l'étude de nos cyclones (ceux des régions tempérées), à faire contre la pure théorie de la convection, nous reconnaissons volontiers que pour un groupe de phénomènes très voisins desdits cyclones, les cyclones tropicaux, les trombes et en partie les tornados, cette théorie est aussi belle que satisfaisante et qu'elle doit conserver dans notre Science une place prédominante.

» Voici donc la première phase significative de la révolution annoncée. M. Hann trouve, M. Hann *démontre* que les cyclones n'ont rien de commun avec les vieilles théories, mais il consent à admettre que les cyclones tropicaux n'ont pas la même constitution que ceux des régions tempérées et restent soumis aux lois de la convection.

» Ce n'est que la moitié de la vérité. Je passe à M. Dallas ([3]).

» Parlons maintenant des cyclones qui entrent dans la mer Arabique en venant de l'est. Ces tempêtes apparaissent comme des cyclones distincts passant sur la baie de Bengale en frappant la péninsule indienne sur la côte de Madras. Tant qu'ils traversent la péninsule, les mouvements cycloniques à la surface du sol sont brisés par un sol montueux, et cette désintégration augmente par des obstacles croissants, à mesure

---

([1]) Ferrel, dans *Nature* du 19 mars 1891, p. 470.

([2]) *Studien über die Luftdruck- und Temperaturverhältnisse auf dem Sonnblickgipfel*, de J. Hann, 9 april 1891.

([3]) *On the appearence and progressive notions of cyclones in the Indian region*, par M. Dallas, F. R. Meteorol. Society, dans l'*American meteorological Journal*, juillet 1892.

que le cyclone approche de la côte ouest, là où les montagnes forment une barrière ininterrompue de 3000 à 7000 pieds de hauteur. Quand le cyclone passe sur ces montagnes, les indications sur le sol sont très faibles; mais, en considérant les phénomènes qui se produisent après le passage, il semble naturel de conclure que le tourbillon, réduit à sa partie supérieure, a continué son trajet sans interruption, et quand ces disques tourbillonnaires paraissent au-dessus de l'océan, le cyclone travaille de nouveau sur la surface de la mer.

» Remarquez qu'il s'agit ici de cyclones par 14° de latitude, et, par conséquent, de cyclones tropicaux. Plus loin, M. Dallas dit :

» Il n'y a pas de sujet plus important, pour les météorologistes du temps présent, que ceux qui ont trait à la couche où les cyclones se produisent et à l'influence qu'exercent leurs mouvements progressifs.

» Si les cyclones sont aussi intimement liés avec les courants supérieurs que semblent l'indiquer les recherches précédentes, cette connexion parle en faveur de leur génération dans ces courants et il faut placer leur origine dans une région où l'observation actuelle devient impossible. Certes, il sera difficile de changer le mode d'observation, mais c'est à cette condition qu'on pourra aboutir à une solution définitive.

» Ici, M. Dallas semble faire appel aux observations de montagnes les plus élevées.

» J'arrive à M. Vallot qui a porté son observatoire sur le mont Blanc à l'énorme altitude de 4365^{m}. Ici on ne peut ergoter sur l'influence qu'un sol, même réduit à quelques pas, de superficie horizontale, peut exercer sur la température de manière à mettre en doute les belles observations de M. Hann. Il n'est pas question de température dans celles de M. Vallot. Voici ses conclusions (1) :

» Il reste encore à étudier les tourbillons à diverses hauteurs de l'atmosphère. Reprenant les figures 42 à 50, on voit qu'ils ont leur plus grande intensité à la station supérieure, qu'ils n'atteignent pas toujours la station moyenne et que d'ailleurs ils y sont très diminués, et enfin que la station inférieure n'est que très rarement atteinte. L'altitude atteinte par la pointe de ces cônes dans leur mouvement descendant peut être mesurée approximativement par les stations barométriques échelonnées, et l'on peut constater qu'il est très rare qu'on puisse même se douter de leur existence dans les régions de la plaine. Les anciennes théories qui voulaient que les tourbillons prissent naissance dans la région basse, à la faveur de l'échauffement du sol, doivent donc être définitivement abandonnées, et ces expériences, à l'aide de stations conjuguées, se trouvent constituer une preuve *expérimentale* et sans réplique des belles théories de M. Faye.

---

(1) *Annales de l'observatoire météorologique du mont Blanc* (alt. 4365^{m}), par M. Vallot, fondateur et directeur de l'observatoire ; 1893.

» En résumé, M. Hazen, à l'observatoire du mont Washington, 1900^{m}, affirme que la théorie de la convection est insoutenable.

» M. Hann, au Sonnblick, 3100^{m}, prouve que la théorie de la convection est complètement fausse pour les cyclones des régions tempérées.

» M. Dallas, aux Indes orientales, pays des cyclones tropicaux, montre que ces cyclones franchissent des chaînes de montagne de 7000 pieds.

» M. Vallot, en France, sur le mont Blanc, à l'altitude de 4365^{m}, déclare que la théorie de M. Faye est démontrée par ses observations.

» Telle serait donc, d'après les observatoires de montagne qui ont permis de suivre les cyclones jusqu'à près de 4400^{m}, au lieu de se borner comme autrefois aux phénomènes qui ont lieu au ras du sol, l'issue de la révolution annoncée par M. von Bezold, parlant devant l'Académie de Berlin. Cette révolution est plus radicale que ne l'imagine le savant météorologiste.

» Mais je ne puis m'empêcher d'insister ici sur ce progrès des sciences d'observation qui vient de résoudre la question fondamentale de la Météorologie et qui semble appelé à de plus vastes combinaisons. Déjà en France, où nous venons d'enregistrer ces résultats, nous voyons, par les énergiques efforts de M. Janssen, qu'un prochain avenir nous réserve de belles conquêtes dans de tout autres directions. Ce n'est pas seulement la Météorologie, mais la théorie elle-même du Soleil qui obtiendra de nouvelles ressources à la condition d'aborder de nouvelles altitudes dans l'atmosphère. Toujours plus haut, c'est désormais la devise de la science des observations. »

M. Daubrée présente le Rapport qu'il a lu, comme Président du Bureau Central météorologique, à la séance générale du Conseil de 1893.

A la suite des observations sur les avertissements, la climatologie, les publications, les Commissions départementales, l'observatoire du Parc Saint-Maur et les observatoires régionaux, se trouvent exposées diverses remarques relatives aux orages.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Membre de la Section de Chimie, en remplacement de M. *Fremy*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 56,

M. Grimaux obtient	. . . .	45	suffrages
M. Le Chatelier »	. . . .	6	»
M. Ditte »	. . . .	2	»
M. Joly »	. . . .	1	»
M. Lemoine »	. . . .	1	»
M. Maumené »	. . . .	1	»

M. Grimaux, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Sa nomination sera soumise à l'approbation du Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les concours de 1894.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Prix Montyon (Mécanique). — MM. Lévy, Boussinesq, Sarrau, Resal, Léauté réunissent la majorité des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Deprez et Haton de la Goupillière.

Prix Plumey. — MM. de Bussy, Sarrau, Guyou, Lévy, Deprez réunissent la majorité des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. de Jonquières et Léauté.

Prix Dalmont. — MM. Lévy, Sarrau, Resal, Haton de la Goupillière, Cornu réunissent la majorité des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Léauté et Boussinesq.

Prix Lalande. — MM. Tisserand, Faye, Wolf, Lœwy, Callandreau réunissent la majorité des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Janssen et Bouquet de la Grye.

Prix Damoiseau. — MM. Tisserand, Callandreau, Faye, Lœwy, Wolf réunissent la majorité des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Janssen et Poincaré.

Prix Valz. — MM. Lœwy, Faye, Tisserand, Callandreau, Wolf réunissent la majorité des suffrages. Les membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Janssen et Poincaré.

RAPPORTS.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Rapport verbal concernant une démonstration du théorème de Fermat sur l'impossibilité de l'équation* $x^n + y^n = z^n$ *adressée par* M. G. Korneck.

(Commissaires : MM. Picard, Poincaré, rapporteur.)

« La démonstration proposée par M. Korneck ne peut être acceptée. Elle s'appuie, en effet, sur le lemme suivant :

» *Soient les deux nombres n et k dont n est supposé impair, premiers entre eux et non divisibles par un carré; si l'on a en nombres entiers*

$$nx^2 + ky^2 = z^n,$$

x sera divisible par n.

» Ce lemme est inexact, car on peut faire par exemple :

$$n = 3, \quad k = 1, \quad x = y = z = 4,$$
$$n = 5, \quad k = 3, \quad x = 1, \quad y = 3, \quad z = 2,$$
$$n = 7, \quad k = 65, \quad x = 3, \quad y = 1, \quad z = 2.\text{ »}$$

CORRESPONDANCE.

M. Laussedat prie l'Académie de vouloir bien le comprendre parmi les candidats à la place d'Académicien libre devenue vacante par suite du décès de M. le Général *Favé*.

(Renvoi à la Commission.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la photographie de la chromosphère du Soleil.* Note de M. H. **Deslandres**, présentée par M. Tisserand.

« J'ai annoncé en 1892 (*Comptes rendus*, 8 février et 14 mars) que les raies brillantes H ou K du calcium qui apparaissent sur le disque solaire doublement renversées, décèlent avec les spectrographes à deux fentes les masses gazeuses incandescentes de l'atmosphère solaire projetées sur le disque, c'est-à-dire la chromosphère et les protubérances. J'ai montré de plus (*Comptes rendus*, 8 mars 1892, 27 novembre et 26 décembre 1893), que les images de ces vapeurs du calcium, appelées par moi *flammes faculaires*, sont en accord général de formes, mais non en coïncidence avec les images des facules de la photosphère données par la simple lunette, et qu'elles sont formées par les parties les plus intenses de la chromosphère et des protubérances, qui en général sont les parties basses, mais avec une épaisseur encore très notable. En résumé, le spectrographe ne donne pas la photographie des facules de la photosphère, mais l'image exacte de la chromosphère telle qu'on la verrait si la photosphère était enlevée. Cette distinction est importante, car les facules sont observées, depuis l'invention des lunettes, plus ou moins facilement, suivant leur distance au centre; la chromosphère, par contre, n'a pu encore être reconnue que dans la partie annulaire extérieure au disque.

» Cependant, à ces résultats présentés par moi comme certains, M. Hale, et, dans une certaine mesure, M. Evershed, ont opposé les objections suivantes (*Knowledge*, janvier 1894). Les facules, au bord du Soleil, ne sont pas toujours accompagnées par une protubérance; de plus, les protubérances se montrent souvent aux pôles mêmes, alors que les flammes faculaires manquent et ne dépassent pas la latitude de 70°. Je réponds brièvement à ces objections en ajoutant quelques faits nouveaux.

» Tout d'abord, il faut avoir bien en vue les conditions nouvelles de la chromosphère lorsque, après avoir été examinée au bord où elle apparaît comme en élévation, elle est transportée sur le disque où elle se présente comme en plan. Dans le premier cas, les parties saillantes sont les plus élevées, c'est-à-dire les proéminences; dans le second, ce sont les parties les plus intenses qui sont en général aussi les parties basses; car la raie chromosphérique ou protubérantielle au bord a la forme en fer de lance et est, en général, notablement plus large et intense à sa base.

» L'image obtenue est bien, d'ailleurs, l'image de la chromosphère

entière telle qu'on la verrait isolée, car, avec un foyer quelconque de lumière, l'œil perçoit d'abord seulement les parties les plus brillantes; il faut couvrir ces parties brillantes et se placer sur le côté pour distinguer les parties plus faibles. Tel est le premier résultat que donne *a priori* la simple analyse de la chromosphère au bord.

» D'autre part, dans les Notes précédentes, j'ai employé le mot *protubérance* en lui donnant un sens large; la distinction entre la chromosphère et les protubérances n'étant pas nette, et les protubérances étant simplement les parties de la chromosphère qui ont des prolongements élevés. Or, lorsqu'une facule est au bord solaire, elle n'est pas accompagnée toujours par une haute protubérance, mais tout au moins la chromosphère est *plus vive* et *plus haute*. Ce fait, qui a été déjà reconnu avec la raie de l'hydrogène (*le Soleil*, P. Secchi), se vérifie aussi avec la raie du calcium, qui, de plus, à sa base, a la même intensité que la raie de la flamme faculaire voisine. Si donc on transporte sur le disque cette partie de la chromosphère plus vive et plus haute que les parties voisines, on a une plage brillante qui a la forme de la facule et l'intensité de la flamme faculaire. Il est inutile de placer la vapeur productrice des raies brillantes dans la photosphère, là où l'on n'a jamais vu sûrement de raie brillante de cette nature.

» Il en est de même lorsqu'on examine les flammes faculaires plus faibles réparties sur tout le disque; leur raie noire centrale se prolonge en effet au delà du disque dans la chromosphère du bord par une petite raie noire en fer de lance (1): ce détail peut être observé sur tout le bord avec un ciel favorable, une image du Soleil agrandie et un spectroscope exempt d'astigmatisme. Les intensités des raies brillantes étant aussi les mêmes de chaque côté du bord et dans son voisinage immédiat, la conclusion précédente s'applique à tout le disque et à la chromosphère entière (2).

---

(1) Sur le disque, la raie noire centrale a aussi la forme en fer de lance près des taches, dans toutes les directions qui divergent de l'ombre où justement elle est réduite à zéro; par comparaison avec ce qui se passe au bord, on est conduit à conclure que, au-dessus des taches, la base de la chromosphère est plus élevée que le niveau supérieur de la photosphère. Ce résultat est en accord avec les observations déjà anciennes de taches au bord solaire par Respighi et le P. Secchi; il s'explique bien lorsqu'on considère la chromosphère comme une flamme électrique; là où manque le conducteur, l'étincelle manque aussi.

(2) Cette étude déjà ancienne a été faite avec un spectroscope ordinaire et par des sections successives. La méthode est longue, pénible, mais sûre, applicable avec un

» Les hautes protubérances des pôles ne fournissent pas une preuve contraire ; car, comme leur lumière entière est captée par le spectrographe, l'absence de flammes faculaires dans cette région indiquerait simplement que ces protubérances sont relativement peu intenses, aussi bien à la base qu'au sommet, et le résultat ainsi présenté serait d'ailleurs digne d'intérêt. Mais le fait négatif signalé par M. Hale, à savoir l'absence de flammes faculaires aux pôles, n'est pas exact. Car, depuis le commencement de novembre 1893, j'ai obtenu des flammes faibles aux pôles, toutes les fois que les conditions ont été favorables ; si bien que leur présence apparaît comme constante, au moins dans la période considérée. Je présente à l'Académie plusieurs épreuves de disque entier, qui lèvent tous les doutes (1).

» Le spectrographe employé a été construit d'après les principes posés précédemment. Il comprend un collimateur de $0^{m},50$, un prisme de flint de 60° et une lunette de 1^{m} ; il se déplace tout entier d'un mouvement continu devant l'image du soleil fixe, fournie par un sidérostat et un objectif de $0^{m},12$, pendant que la plaque est animée d'un mouvement proportionnel par rapport à la seconde fente. La faible dispersion permet d'avoir toute la lumière des flammes avec la netteté maxima des formes, et la grande longueur de la lunette assure un réglage facile de la seconde fente et un grossissement direct sans perte de lumière.

» Le résultat négatif de M. Hale tient probablement à ce que son spectrographe, ayant une dispersion quatre fois et demie plus grande, capte moins sûrement les raies des faibles flammes dont les composantes, très écartées, peuvent échapper à une fente fine, et aussi à ce que les flammes du bord, à cause de l'insuffisance du réseau, sont données moins intenses que les flammes du centre.

» Les flammes des pôles apparaissent mieux en effet avec une pose relativement longue, qui en même temps donne aussi les protubérances fortes et moyennes, si bien que l'on a en une seule opération la chromosphère du bord et la chromosphère du disque, qui jusqu'alors étaient considérées comme exigeant deux poses séparées. La lumière diffuse du spectroscope est alors gênante ; il convient donc d'adopter pour le cas général les dispositions déjà recommandées pour le cas spécial de la couronne et, en particulier, un système optique tout en quartz. »

---

spectroscope quelconque, et seule capable de donner des résultats complets. Elle est, à mon avis, la meilleure, au moins pour les premières recherches.

(1) Ces épreuves ont été faites avec le concours de mon assistant M. Mittau.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une application de la théorie des groupes continus à la théorie des fonctions*. Note de M. **Paul Painlevé**, présentée par M. Picard.

« Les fonctions uniformes d'une variable $u = f(z)$ qu'on peut regarder comme fondamentales (fonctions exponentielles, elliptiques, fuchsiennes, etc.), jouissent toutes de cette propriété que les valeurs z_i de z qui correspondent à une valeur de u se déduisent d'un nombre *fini* d'entre elles, soit $z_1, z_2, \ldots, z_q$, par une infinité de transformations $z_i = \frac{a_i z + b_i}{c_i z + d_i}$ (où z représente une des valeurs $z_1, z_2, \ldots, z_q$). Une extension naturelle consiste à étudier *les transcendantes uniformes* $u(z)$ *telles que les valeurs* $z_i(u)$ *se déduisent de* $z_1, z_2, \ldots, z_q$ *par une infinité de transformations :*

$$(1) \qquad \varphi_i(z_i, z) = 0,$$

où φ_i *est un polynome de degré* m *en* z_i *et en* z (m ne dépendant pas de i). J'ai déjà montré que toutes ces fonctions se déduisent des fonctions *automorphes* par un changement algébrique de la variable (voir les *Comptes rendus*, juin 1892). Voici en quelques mots une démonstration nouvelle de ce théorème, qui va nous permettre de passer au cas de plusieurs variables.

» Écrivons la relation la plus générale de degré m en z et en z_i :

$$\varphi(z_i, z) = 0,$$

relation dont les coefficients $a, b, \ldots, l$ ont pour chaque substitution (1) une valeur bien déterminée $a_i, b_i, \ldots, l_i$. Si, quel que soit i, les valeurs a_i, $b_i, \ldots, l_i$ satisfont à certaines relations algébriques telles que

$$g(a, b, \ldots, l) = 0,$$

nous tirons de ces relations plusieurs des paramètres $a, b, \ldots, l$ en fonction des autres, et les substitutions (1) se trouvent ainsi exprimées algébriquement à l'aide de paramètres $a, b, \ldots, f$ *algébriquement indépendants :* j'entends que les valeurs $a_i, b_i, \ldots, f_i$ correspondant à chaque substitution (1) ne vérifient aucune relation algébrique indépendante de i. L'ensemble des substitutions $\varphi(z_i, z, a_i, b_i, \ldots, f_i) = 0$ forme par hypothèse *un groupe infini discret*. On en déduit aisément que *l'ensemble* E *des*

substitutions

(2) $$\varphi(z', z, a, b, \ldots, f) = 0,$$

où $a, b, \ldots, f$ sont des constantes arbitraires, forme un groupe continu.

» On est conduit ainsi à étudier *les groupes algébriques continus* (2). Or donnons à $a, b, \ldots, f$ des valeurs quelconques $a_0, b_0, \ldots, f_0$, et soit $\varphi_0(Z, z) = 0$ la relation (2) correspondante. On peut montrer que z' s'exprime rationnellement en z et Z : $z' = R(z, Z, a, b, \ldots, f)$, et que de plus cette relation définit une correspondance birationnelle entre les points (z, Z) et (z', Z') des courbes $\varphi_0(Z, z) = 0$ et $\varphi_0(Z', z') = 0$. Il suit de là que *tout groupe algébrique continu* (2) *est algébriquement semblable à un groupe continu de transformations birationnelles d'une courbe algébrique en elle-même.* Le genre p de $\varphi = 0$ est égal à zéro ou à 1 : si $p = 0$, un changement algébrique de variable, $z = \chi(t)$, ramène le groupe (2) au groupe $t' = \dfrac{at + b}{ct + d}$ (ou à un de ses sous-groupes); si $p = 1$, le groupe (2) se ramène algébriquement au groupe $[t = \operatorname{sn}\tau,\ t' = \operatorname{sn}(\tau + a)]$ défini par la formule d'addition de la fonction sn. Ce dernier d'ailleurs ne peut renfermer *de groupe infini discret. Toutes les fonctions uniformes étudiées $u(z)$ se déduisent donc des fonctions automorphes par un changement algébrique de la variable.*

» Posons-nous maintenant la question suivante : *Étudier les transcendantes uniformes $u(z)$ telles que les valeurs z_i de z correspondant à une valeur u_0 de u se déduisent d'un nombre fini d'entre elles (soit $z_1, z_2, \ldots, z_q$) par une infinité de transformations $\varphi_i(z_i, z, \zeta) = 0$ où φ_i est un polynome de degré m par rapport à chaque variable* (z et ζ sont deux des valeurs z_1, $z_2, \ldots, z_q$). Cette question rentre dans une question plus générale concernant les fonctions de *deux* variables : considérons en effet deux fonctions uniformes u et v des deux variables z et ζ; deux cas sont à distinguer suivant que z et ζ considérées comme fonctions de u, v présentent ou non des singularités *essentielles*. Plaçons-nous exclusivement dans ce dernier cas, et étudions *les transcendantes uniformes u, v de z, ζ telles que toutes les déterminations z_i, ζ_i de z, ζ correspondant aux valeurs u_0, v_0 de u, v se déduisent d'un nombre fini d'entre elles, soit (z_1, ζ_1), (z_2, ζ_2), $\ldots$, (z_q, ζ_q), par une infinité de transformations*

(3) $$\varphi_i(z_i, z, \zeta) = 0, \qquad \psi_i(\zeta_i, z, \zeta) = 0$$

où φ_i, ψ_i sont des polynomes de degré m par rapport à chaque variable [z et ζ

sont un des couples $(z_1, \zeta_1), \ldots, (z_q, \zeta_q)$]. Cette question renferme la précédente, ainsi qu'on le voit en posant

$$u = f(z), \qquad v = f(\zeta).$$

» On montre, comme plus haut, que les substitutions (3) étant exprimées *algébriquement* à l'aide du nombre *minimum* de paramètres $a, b, \ldots, f$, *l'ensemble des substitutions*

$$(4) \quad \varphi(z', z, \zeta, a, b, \ldots, f) = 0, \qquad \psi(\zeta', z, \zeta, a, b, \ldots, f) = 0$$

forme un groupe continu algébrique. On montre ensuite que *tout groupe continu algébrique est semblable algébriquement à un groupe continu de transformations birationnelles d'une certaine surface algébrique en elle-même*. Il suit de là que tout groupe (4) peut se ramener *algébriquement* soit à un des *types canoniques* énumérés par M. Sophus Lie [1] (*Theorie der Transformationsgruppen*, t. III, p. 71-73), soit à un des groupes définis par *les formules d'addition des fonctions périodiques de deux variables*.

» Ces derniers d'ailleurs ne sauraient renfermer *de groupes infinis discrets*. Nous n'avons donc à considérer que les groupes infinis discrets que renferment les groupes canoniques algébriques de M. Lie. Comme types primitifs, ces groupes ne renferment que les groupes *hyperfuchsiens;* comme types imprimitifs, ces groupes renferment les groupes *hyperabéliens*, mais ils en renferment *d'autres* qui en diffèrent essentiellement. Les transcendantes uniformes qui s'introduisent ainsi ne se ramènent donc pas toutes aux transcendantes de M. Picard : toutefois, pas plus que celles de M. Picard, elles ne peuvent servir à exprimer les coordonnées d'un point d'une surface algébrique *quelconque*.

» Soit (G) un groupe canonique algébrique de M. Lie, à r paramètres; admettons que ce groupe renferme un groupe infini discret auquel correspondent des fonctions uniformes u, v de z, ζ.

» Ces fonctions satisfont à un système différentiel complet *algébrique*, dont l'intégrale est *uniforme* et dépend de r constantes (qui y entrent en général d'une manière *transcendante*); de ce système on peut déduire des équations différentielles ordinaires d'ordre *r au plus* dont l'intégrale est aussi uniforme. Par exemple, pour un groupe hyperfuchsien, le système complet est du huitième ordre et on en déduit des équations du cinquième ordre dont l'intégrale est uniforme et dépend des constantes d'une façon transcendante. Il y aurait grand intérêt à déterminer les fonctions corres-

---

(1) Il n'y a à considérer ici que ceux de ces types qui sont *algébriques*.

pondant aux plus petites valeurs possibles de r et qui ne se ramènent pas aux fonctions automorphes d'une variable ou aux fonctions périodiques de plusieurs variables.

» Il est clair que les résultats précédents s'étendent à un nombre quelconque de variables. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la généralisation des fractions continues algébriques.* Note de M. **Padé**, présentée par M. Appell.

« J'ai eu précédemment l'honneur de faire connaître à l'Académie les résultats que j'ai obtenus dans l'étude de l'ensemble des fractions rationnelles approchées d'une fonction, et en particulier, les relations linéaires qui lient les numérateurs et les dénominateurs de trois fractions convenablement choisies dans l'ensemble [1]. Les diverses formes de ces relations conduisent à un grand nombre de moyens d'obtenir, par un calcul de proche en proche, une fraction déterminée de l'ensemble; moyens dont chacun correspond à l'existence d'une fraction continue *simple* qui a pour réduite la fraction cherchée, et dont un petit nombre seulement, qui n'apparaissent que dans le cas général, donnent un algorithme régulier correspondant à l'existence d'une fraction continue *régulière*.

» Ces résultats se transportent à la question générale de la détermination des polynomes $X_1, X_2, \ldots, X_n$, de degrés $\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_n$, satisfaisant à l'équation

$$S_1 X_1 + S_2 X_2 + \ldots + S_n X_n = S . x^{\mu_1+\mu_2+\cdots+\mu_n+n-1},$$

où $S_1, S_2, \ldots, S_n$ désignent des séries entières données, à terme constant différent de zéro, et S une série de même nature, mais non donnée.

» Je suppose, pour laisser de côté les cas particuliers qui apportent des complications très grandes, que les coefficients des séries données restent indéterminés, et je me borne, pour simplifier l'écriture, au cas de trois séries S_1, S_2, S_3.

» Considérons une suite dont chaque terme est composé de trois nombres, positifs ou nuls, qui seront des degrés de polynomes, le dernier terme étant (μ_1, μ_2, μ_3) :

$$(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3); \quad (\beta_1, \beta_2, \beta_3); \quad (\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3); \ldots; (\mu_1, \mu_2, \mu_3);$$

---

(1) *Comptes rendus,* t. CXI.

les neuf nombres qui composent trois termes consécutifs quelconques satisfont à des inégalités que nous écrivons par exemple, pour les trois premiers termes :

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 \leqq \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 \leqq \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3,$$

$$\beta_2 + \gamma_3 \leqq \alpha_2 + \alpha_3 + 2, \qquad \beta_3 + \gamma_1 \leqq \alpha_3 + \alpha_1 + 2, \qquad \beta_1 + \gamma_2 \leqq \alpha_1 + \alpha_2 + 2,$$

$$\beta_3 + \gamma_2 \leqq \alpha_3 + \alpha_2 + 2, \qquad \beta_1 + \gamma_3 \leqq \alpha_1 + \alpha_3 + 2, \qquad \beta_2 + \gamma_1 \leqq \alpha_2 + \alpha_1 + 2.$$

» Ceci posé, nous regardons les nombres d'un même terme comme les degrés de trois polynomes formant un système de polynomes approchés pour S_1, S_2, S_3. Soit (P_1, P_2, P_3); (Q_1, Q_2, Q_3); (R_1, R_2, R_3); (T_1, T_2, T_3); ...; (X_1, X_2, X_3) la suite des systèmes de polynomes correspondant à la suite des systèmes de degrés : *chaque polynome d'un système est une fonction linéaire, à coefficients entiers en x, des polynomes de même rang dans les trois systèmes précédents.* Ainsi, par exemple, on a

$$P_1 a + Q_1 b + R_1 c = T_1,$$
$$P_2 a + Q_2 b + R_2 c = T_2,$$
$$P_3 a + Q_3 b + R_3 c = T_3;$$

a est un monome, et b et c sont des polynomes dont le terme constant est différent de zéro, caractères qui généralisent ceux des fractions continues simples.

» Voici, maintenant, un exemple d'un algorithme régulier. Il suffit de considérer la suite

$$(0, \mu_2, \mu_3); \quad (1, \mu_2, \mu_3); \quad (2, \mu_2, \mu_3); \quad \ldots; \quad (\mu_1, \mu_2, \mu_3)$$

qui satisfait à toutes les conditions imposées; alors, *quel que soit le systeme de polynomes que l'on calcule au moyen des trois systèmes précédents, a est un monome du premier degré, et b et c sont des binomes du premier degré;* cet algorithme est, en tous points, analogue à celui de la formation des réduites pour les fractions continues régulières de la première classe et du premier type de cette classe. Il est aisé d'obtenir l'algorithme régulier correspondant aux fractions du deuxième type de la même classe. Quant aux algorithmes correspondant aux fractions continues régulières de la deuxième classe, ils présentent ce caractère nouveau que a, b, c ne sont plus entiers, mais admettent un même polynome entier pour dénominateur.

» Il est clair qu'au lieu de considérer une suite unique pour arriver aux polynomes X_1, X_2, X_3, on peut faire emploi de moyens plus compliqués

qui en dérivent. En effet, le calcul d'un système de polynomes dépendant de trois autres systèmes, on peut, pour obtenir chacun de ceux-ci, se servir d'une suite à lui spéciale ; à tout terme de ces suites, on pourra appliquer le même raisonnement, et ainsi de suite.

» On peut encore associer trois systèmes convenables de polynomes pour le calcul de trois autres, employer ceux-ci au calcul de trois autres encore, etc., jusqu'à obtenir le système dont on fait dépendre le calcul de X_1, X_2, X_3. C'est ainsi que les trois systèmes caractérisés par les degrés

$$(m, m'-1, m''-1), \quad (m-1, m', m''-1), \quad (m-1, m'-1, m'')$$

peuvent servir à calculer chacun des trois suivants

$$(m+1, m', m''), \quad (m, m'+1, m''), \quad (m, m', m''+1),$$

toutes les inégalités imposées se trouvant vérifiées dans chacun des trois cas. On pourra passer ensuite de ces trois nouveaux systèmes à trois autres analogues, et ainsi de suite. L'élégant algorithme auquel conduit cette méthode est celui indiqué par M. Hermite dans une Lettre récemment publiée dans les *Annali di Matematica pura ed applicata*. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination du nombre des nombres premiers inférieurs à une quantité donnée*. Note de M. **H. von Koch**, présentée par M. Picard.

« Riemann, dans un Mémoire célèbre (*Œuvres complètes*, p. 136), a proposé une expression analytique pour la représentation du nombre des nombres premiers inférieurs à une quantité donnée n et des formules d'approximation pour le cas où n est très grand. Pourtant sa démonstration, bien qu'elle ait été complétée plus tard, dans des points essentiels, par les recherches de plusieurs géomètres, n'est pas encore, comme on sait, à l'abri de toute objection. Aussi, il paraît extrêmement difficile de parvenir, par la méthode proposée par Riemann, à une solution satisfaisante du problème.

» C'est en suivant un tout autre chemin que je suis arrivé aux deux théorèmes suivants. Soit n un nombre entier arbitraire, q le nombre des nombres premiers inférieurs ou égaux à n;

» *On peut former une fonction entière rationnelle $\mathfrak{z}(x)$ dont les coefficients*

s'expriment rationnellement par rapport aux nombres

(A) $$1,\ 2,\ \ldots,\ n,$$

et telle que l'on ait

(B) $$q = \vartheta(1) + \vartheta(2) + \ldots + \vartheta(n).$$

» *On peut, en outre, former une fonction entière* $\theta(x)$, *dont les coefficients s'expriment sous la forme de polynomes entiers, à coefficients rationnels, par rapport au nombre* π, *de telle manière que l'on ait*

(C) $$q = \theta(1) + \theta(2) + \ldots + \theta(n).$$

» Pour démontrer le premier théorème, qui, comme on voit, revient à affirmer la possibilité d'exprimer q par une fonction *numérique élémentaire* de n, il suffira de former une fonction entière rationnelle $\vartheta(x)$ qui est égale à *un* ou à *zéro* selon que x, supposé compris dans la suite (A), est ou n'est pas un nombre premier. Soient α et β deux entiers positifs quelconques, et posons

$$f(x) = \prod_{\mu=1}^{\alpha} (x-\mu); \qquad \psi(x) = \sum_{\mu=2}^{\beta}\sum_{\nu=2}^{\beta} \frac{1}{f'(\mu\nu)}\,\frac{1}{x-\mu\nu};$$

$$\varphi(x) = f(x)\psi(x).$$

$\varphi(x)$ est rationnel par rapport à x et se réduit à un polynome entier si l'on choisit

$$\alpha \geqq (\beta-1)^2.$$

» On voit facilement que $\varphi(p) = 0$, p désignant un nombre *premier* quelconque de la suite $1, 2, \ldots, \alpha$ et que, si c désigne un nombre *composé* quelconque de cette suite, $\varphi(c)$ est égal au nombre des diviseurs distincts de c; ce nombre $\varphi(c)$ est donc nécessairement $\geqq 1$, mais $\leqq \alpha$.

» Donc la fonction

$$\vartheta(x) = \prod_{\lambda=1}^{\alpha}\left[1 - \frac{\varphi(x)}{\lambda}\right]$$

est égale à *un* ou à *zéro* selon que x, supposé compris dans la suite $1, 2, \ldots, \alpha$, est ou n'est pas un nombre premier. Pourvu que $n > 2$, nous pouvons poser, par exemple,

$$\beta = n-1, \qquad \alpha = (n-2)^2;$$

alors $\vartheta(x)$ jouit bien de la propriété d'être égal à *un* ou à *zéro* selon que x, supposé compris dans la suite (A), est ou n'est pas un nombre premier.

Les coefficients de cette fonction s'exprimant visiblement d'une manière rationnelle par rapport aux nombres (A), notre premier théorème est donc démontré.

» Pour démontrer le second, nous posons

$$\mathfrak{F}(x) = \frac{\sin 2\pi x}{2\pi}; \qquad \Psi(x) = \sum_{\mu=2}^{+\infty} \sum_{\nu=2}^{+\infty} \frac{2x}{x^2 - \mu^2\nu^2};$$
$$\Phi(x) = \mathfrak{F}(x)\,\Psi(x).$$

$\Phi(x)$ représente une fonction entière de x et, en la développant suivant les puissances entières de x, on voit facilement que chacun des coefficients prend la forme d'un polynome entier, à coefficients rationnels, par rapport à π. De plus, pour tout nombre premier p, $\Phi(p)$ s'annule et, pour tout nombre composé c, $\Phi(c)$ est égal au nombre des diviseurs distincts de c. On voit donc, comme tout à l'heure, que la fonction

$$\theta(x) = \prod_{\lambda=1}^{+\infty} \left\{ 1 - \left[\frac{\Phi(x)}{\lambda}\right]^2 \right\} = \frac{\sin[\pi\Phi(x)]}{\pi\Phi(x)},$$

pour les valeurs entières de x, est égale à *un* ou à *zéro* selon que x est ou n'est pas un nombre premier. L'égalité (C) a donc lieu, et, en développant $\theta(x)$ selon les puissances entières de x, on voit que chacun des coefficients sera un polynome entier, à coefficients rationnels, par rapport à π.

» Nous avons donc trouvé deux fonctions $\mathfrak{S}(x)$ et $\theta(x)$ répondant aux théorèmes énoncés; il convient de remarquer que, par une méthode un peu plus générale, nous aurions pu trouver une infinité de fonctions différentes jouissant des mêmes propriétés.

» D'ailleurs, il est aisé de voir que la méthode précédente s'applique à des problèmes beaucoup plus généraux. Elle peut servir à démontrer, par exemple, qu'on peut exprimer, par une fonction numérique élémentaire de n, combien il y a de nombres entiers inférieurs à n et décomposables en un nombre donné quelconque de facteurs primaires.

» D'un autre côté, on a, en vertu des propriétés de la fonction $\mathfrak{S}(x)$,

$$\Sigma p^k = \Sigma \nu^k \mathfrak{S}(\nu), \qquad (k = 1, 2, \ldots, q),$$

les sommations à gauche se reportant à tous les nombres premiers $p \leqq n$ et celles à droite à tous les entiers $\nu \leqq n$. De là, et en vertu d'un théorème classique de l'Algèbre, nous concluons qu'il est possible de déterminer

une suite de fonctions numériques élémentaires de n :

$$c_1(n),\ c_2(n),\ \ldots,\ c_q(n),$$

telle que l'équation algébrique

$$x^q + c_1 x^{q-1} + \ldots + c_q = 0,$$

admette pour racines les q nombres premiers $\leqq n$. L'analogue a lieu pour les nombres composés de facteurs primaires en nombre quelconque.

» Les formules précédentes, qui expriment la relation fonctionnelle qui existe entre n et q, sont évidemment trop compliquées pour s'appliquer directement au calcul numérique de q. Mais, d'après les recherches de MM. Poincaré et Hadamard sur les fonctions entières, il paraît probable que ces formules se simplifieront beaucoup et deviendront plus commodes au point de vue numérique, dans le cas où l'on prendra n suffisamment grand. C'est ce que je me propose d'examiner de plus près une autre fois. »

OPTIQUE. — *Sur la constitution des ondes paragéniques de diffraction.* Note de M. G. **Meslin**, présentée par M. Mascart.

« Lorsque des rayons lumineux émanés d'un point S subissent une réflexion ou une réfraction sur une surface aplanétique Σ, ils vont passer par un point S_1, réel ou virtuel; on sait qu'en vertu du principe d'Huygens, les différents chemins qui vont de S en S_1 sont parcourus en des temps égaux, de sorte que les phases en S_1 et en S diffèrent d'une quantité constante, indépendante de la direction considérée pour la propagation du mouvement.

» De même, en étudiant l'action exercée en un point M, on reconnaît que cette action provient d'une très petite zone de la surface Σ avoisinant le point s_1 où la droite MS_1 coupe Σ, le chemin Ss_1M jouissant de la propriété d'être de durée minimum; on peut démontrer que l'action est la même sur tous les points M situés à la même distance de S_1; en un mot, la nouvelle onde a une structure *uniforme*.

» Ces propriétés ne se retrouvent plus pour les ondes paragéniques de diffraction obtenues en faisant tomber sur un réseau les rayons émanés de S.

» 1° Les mouvements vibratoires envoyés en S_1 (images diffractées de S) par les différents points du réseau ne sont plus concordants entre eux;

d'après la méthode qui sert à déterminer S_1, on reconnaît que deux points homologues A et A' de deux éléments consécutifs envoient en S_1 des mouvements qui concordent ou plutôt qui diffèrent de λ ; de même, deux autres points homologues B, B' envoient aussi des mouvements concordants entre eux, mais le mouvement émané de A ne concorde plus avec le mouvement émané de B et les mouvements reçus en S_1 ont une phase qui croît d'une façon continue au fur et à mesure que change autour de S_1 la direction suivant laquelle ce mouvement lui parvient; cette phase augmente de λ, lorsqu'on passe d'un point du réseau au point homologue de l'élément consécutif.

» 2° Cette propriété se retrouve pour les différentes ondes dont le centre est en S_1; la phase y varie d'une façon continue et l'amplitude y change d'une façon périodique, de sorte qu'une telle onde, au lieu d'avoir une constitution uniforme, a une structure *crénelée* qui est en rapport avec la structure périodique du réseau qui lui a donné naissance.

» 3° L'action exercée en un point M provient encore d'une petite zone qui environne le point s_1 où la droite S_1M coupe le réseau, mais le chemin Ss_1M ne représente plus le trajet de durée minimum, il jouit cependant d'une autre propriété qui différentie S_1M des autres directions : c'est au voisinage de cette direction que se trouvent sur deux éléments consécutifs, deux points homologues envoyant en M des mouvements différents de λ, ou encore *c'est au voisinage de cette direction que se trouvent deux éléments qui envoient des mouvements infiniment voisins d'être concordants;* telle est la propriété qui caractérise cette fois la région efficace.

» 4° En calculant les actions exercées en M par les différents points de la zone efficace, et en les composant au point s_1, on reconnaît qu'on est amené à ajouter à la phase du point s_1 un retard fictif φ_1, variable avec la position du point s_1 sur la région efficace; de même l'amplitude doit être modifiée par un facteur a_1, variable dans les mêmes conditions, tandis que si l'on a affaire à une onde ordinaire (réflexion ou réfraction) le coefficient qui multiplie l'amplitude est constant et le retard fictif dont il faut affecter le point s_1 pour tenir compte de la zone efficace a une valeur invariable, égale à $\frac{\lambda}{4}$.

» 5° Pour calculer la phase en M, il faudra tenir compte du chemin S_1M qui introduit un retard χ, auquel on ajoutera la correction φ_1; mais cette correction ne suffira pas, car on a vu que la phase en S_1 n'est pas déterminée et qu'elle dépend en outre de la direction considérée, c'est-à-dire de

la position de s_1; d'où la nécessité d'ajouter un autre terme complémentaire ψ_1 variable d'une façon continue avec la position de s_1 sur le réseau, tandis que φ_1 est une fonction périodiquement variable avec la situation de s_1 sur l'élément du réseau; la phase en M, par rapport à une origine fixe, S par exemple, est donnée par $\varphi_1 + \psi_1 + \chi_1$, χ_1 représentant le chemin géométrique S_1M.

» 6° Considérons un point S éclairant un réseau; les rayons se diffractent à droite et à gauche en formant des ondes paragéniques dont les centres sont en S_1 et S_2; soit un point M qui reçoit de la lumière diffractée provenant de ces deux points, la phase du premier mouvement de M est $\chi_1 + \psi_1 + \varphi_1$, la phase du second $\chi_2 + \psi_2 + \varphi_2$, la différence de phase est $(\chi_1 - \chi_2) + (\psi_1 - \psi_2) + (\varphi_1 - \varphi_2)$.

» On peut démontrer que la somme des quatre premiers termes est constamment nulle.

» D'autre part, φ_1 est une fonction périodique représentée par une courbe *analogue* à une sinusoïde [1]; φ_2 est représentée par une courbe symétrique de la première ou obtenue par le déplacement de celle-ci, si elle présente elle-même une symétrie comme l'élément du réseau; $\varphi_1 - \varphi_2$ est la différence des ordonnées de ces deux courbes et l'on reconnaît que, en général, $\varphi_1 - \varphi_2$ n'est pas nul, sauf aux points où les deux courbes se coupent, ce qui a lieu deux fois dans l'intervalle d'une période; des considérations géométriques très simples montrent que cette circonstance est réalisée sur les droites qui joignent le point S au milieu d'une partie opaque et d'une partie transparente du réseau. En ces points, φ_1 est égal à φ_2 et, comme les coefficients a_1 et a_2 qui modifient l'amplitude y sont eux-mêmes égaux, il y a en ces points concordance complète des deux mouvements vibratoires qui s'ajoutent intégralement; aux points voisins, cette concordance n'existe plus et il y a une différence de phase qui peut atteindre une fraction notable de λ; si elle approche de $\frac{\lambda}{2}$, l'interférence serait de plus en plus complète et il y aurait même destruction totale du mouvement s'il n'y avait pas de variation du facteur a_1; on aura une frange sombre qui se dédoublera en deux autres lorsque, entre deux points de

---

[1] Sans cependant que la partie supérieure soit symétrique de la partie inférieure par rapport au point intermédiaire.

concordance, le retard pourra prendre une valeur supérieure à $\frac{\lambda}{2}$. En vertu de cette théorie, on reconnaît que :

» A. Les franges brillantes sont les projections déterminées par S sur l'écran, des milieux des parties opaques et transparentes; il doit donc y en avoir deux fois plus que d'éléments projetés dans le même espace; c'est ce qui résulte des mesures faites antérieurement (*Comptes rendus*, numéro du 24 juillet 1893).

» B. En déplaçant S parallèlement au réseau, et perpendiculairement aux traits, les franges doivent se déplacer en sens inverse.

» C. En déplaçant le réseau, les franges sont entraînées dans le même sens.

» D. En opérant en lumière blanche, les franges brillantes doivent présenter des colorations provenant de ce que le point S_1 varie avec la radiation, de telle sorte que, bien qu'il y ait concordance de part et d'autre pour chacune de ces radiations, le point s_1 varie de l'une à l'autre ainsi que le facteur a_1; la couleur est représentée par Σa_1^2, a_1 étant une fonction de λ.

» E. Ces colorations doivent être de deux sortes, le point s_1 pouvant occuper deux genres de position suivant la parité du point de concordance que l'on considère; il y a donc des colorations alternées. Elles doivent être sensiblement complémentaires (*Comptes rendus*, numéro du 21 août 1893). »

OPTIQUE. — *Achromatisme et chromatisme des franges d'interférence.* Note de M. J. **Macé de Lépinay.**

« Je me propose d'appliquer la théorie exposée dans une précédente Communication ([1]) au cas suivant fréquemment réalisé. Les franges et les courbes de chromatisme sont parallèles. La coloration d'une frange est alors la même sur toute son étendue; si on prend comme axe des ξ une normale à la frange achromatique, φ est une fonction de ξ et de λ ou de $x = \frac{1}{\lambda}$ seulement.

([1]) *Comptes rendus*, 12 mars 1894.

» Soient $\Delta\xi_1$ la distance de deux franges, au voisinage de la frange achromatique, $\Delta\xi_2$ la distance, en cette même région, de deux courbes de chromatisme consécutives ($p = 0$ pour l'une, $p = \pm 1$ pour l'autre). Le rapport

$$n = \frac{\Delta\xi_2}{\Delta\xi_1}$$

mesure le rapport du nombre de franges discernables dans les conditions de l'expérience, au nombre de celles qui le sont dans un phénomène d'interférence normal.

» Si, en effet, on a $n > 1$, les colorations croissent n fois moins vite que dans un phénomène d'interférence normal.

» Pour calculer n, il est plus commode de prendre comme variables λ et δ, cette dernière étant définie par $\varphi = 2\pi\frac{\delta}{\lambda}$. On trouve alors

$$\frac{1}{n} = 1 - \lambda_0 \frac{\left(\frac{\partial^2\delta}{\partial\xi\,\partial\lambda}\right)_0}{\left(\frac{\partial\delta}{\partial\xi}\right)_0}$$

équation dans laquelle on doit remplacer λ par λ_0 et ξ par l'abscisse de la frange achromatique considérée. J'appliquerai cette formule à quelques cas particuliers.

» A. *Biprisme de Fresnel.* — La frange achromatique est centrale. O na de plus

$$\frac{1}{n} = 1 - \frac{\lambda_0}{m_0 - 1}\left(\frac{dm}{d\lambda}\right)_0 = 1 + K,$$

K étant un coefficient positif : le nombre des franges visibles est un peu diminué.

» B. *Demi-lentilles de Billet.* — La frange achromatique est centrale. De plus

$$\frac{1}{n} = 1 - K\frac{f_0(\Delta + p)}{\Delta p - f_0(\Delta + p)},$$

K a la même signification que plus haut; f_0 est la distance focale moyenne; Δ et p sont les distances des demi-lentilles à l'écran et à la source. On a toujours $n > 1$. Le nombre de franges visibles peut même devenir infini si

(2) $$\Delta = \frac{(1 + K)f_0 p}{p - (1 + K)f_0} \text{ (1)}.$$

(1) *Journal de Physique*, 2e série, t. IX, p. 376.

» C. Dans un certain nombre de cas importants, on peut écrire

$$\delta = A(\xi - \xi_0)^\alpha + h\lambda,$$

A, α, h étant des constantes, et ξ_0 une fonction de λ seulement. L'abscisse de la frange achromatique est alors

$$\xi = \xi_0 - \lambda_0 \alpha \left(\frac{d\xi_0}{d\lambda}\right)_0.$$

On a de plus $n = \alpha$.

» Les conditions énoncées se trouvent réalisées dans les cas suivants :

» 1° Déplacement des franges des miroirs par l'interposition, sur l'un des deux faisceaux, d'une lame réfringente : $n = \alpha = 1$.

» 2° Franges des lames minces produites entre un plan de verre et une lentille cylindrique, examinées à travers un prisme de petit angle : $n = \alpha = 2$.

» 3° Arcs surnuméraires de l'arc-en-ciel, frange des caustiques : $n = \alpha = \frac{3}{2}$.

» 4° Franges de Herschel : $n = \alpha = \frac{1}{2}$.

» Le nombre de franges visibles, inaltéré dans le premier cas, est accru dans les deux suivants, diminué de moitié dans celui des franges de Herschel.

» Ce dernier résultat est le plus souvent en contradiction avec l'expérience, à moins d'employer une lame extrêmement mince. Il est donc nécessaire d'examiner, dans chaque cas, entre quelles limites l'approximation qui a servi de point de départ peut être considérée comme acceptable. Je me contenterai d'indiquer ici les résultats d'une discussion dont le détail sera donné dans le Mémoire complet.

» A et B. Dans ces deux cas, et dans plusieurs autres analogues, la frange achromatique est centrale, c'est-à-dire correspondant à $\delta = 0$. La théorie exposée, et les formules qui en sont la conséquence, leur sont toujours applicables.

» C. L'approximation faite est suffisante, tant que le numéro d'ordre de la frange achromatique reste inférieur à $p_2 = 50 \frac{\alpha}{1 + 2\alpha}$. Les valeurs limites de y, correspondant aux divers exemples cités plus haut, sont

α	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{3}{2}$	2
p_l	12,5	16,7	18,8	20,0

» Ces résultats donnent lieu à quelques remarques.

» $\alpha = 1$. Le phénomène que l'on observe est le déplacement total de la frange achromatique, dû à l'introduction de la lame, à partir de la

frange centrale initiale. Le calcul numérique montre que l'approximation est suffisante dans le cas d'une lame de crown, tant que ce déplacement correspond à un nombre de franges moindre que 282.

» $\alpha = \frac{1}{2}$. La valeur de p_l est la plus faible de celles inscrites dans le Tableau. Une autre circonstance défavorable résulte de ce que les franges étant d'autant plus resserrées qu'elles sont plus voisines de la limite de réflexion totale ($p = 0$), le numéro d'ordre de la frange achromatique est en général assez élevé. De là la divergence signalée plus haut entre l'expérience et le résultat du calcul approché.

» $\alpha = \frac{3}{2}$ et $\alpha = 2$. Les conditions sont beaucoup plus favorables que dans le cas précédent : 1° parce que p_l est plus grand; 2° parce que les franges sont d'autant plus larges que leur numéro d'ordre est plus petit.

» D'une manière générale lorsque l'approximation faite dans ce travail devient de moins en moins légitime, l'importance des phénomènes étudiés par M. Mascart [1] devient de plus en plus considérable, et le nombre de franges visibles augmente. La valeur de n calculée par la formule citée plus haut est donc toujours un minimum. »

MAGNÉTISME. — *Sur les propriétés magnétiques du fer à diverses températures* [2]. Note de M. **P. Curie**, présentée par M. Lippmann.

« Le fer doux reste magnétique aux températures élevées. Le coefficient d'aimantation pour des températures comprises entre 755° et 1365° est indépendant de l'intensité du champ (pour des champs de 25 à 1350 unités).

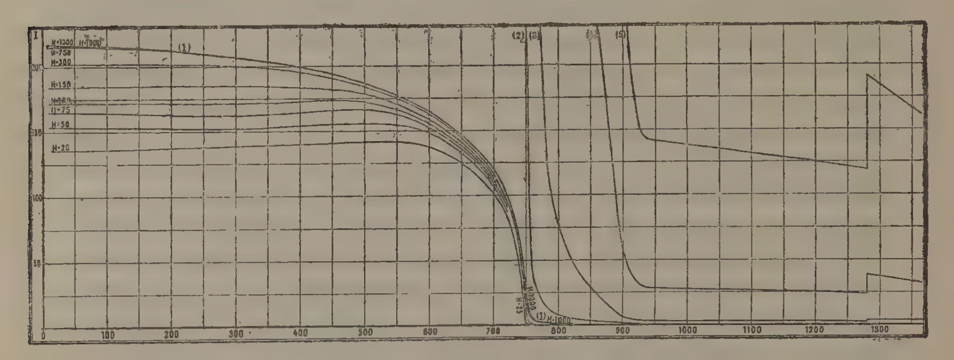
» Voici le tableau des valeurs du coefficient d'aimantation spécifique k (multiplié par 10^6), à diverses températures supérieures à 755°.

θ.	$K 10^6$.	θ.	$K 10^6$.	θ.	$K 10^6$.
756°	7500	820°	509	1100°	26,3
758	5800	840	348	1150	25,6
760	4680	860	238	1200	25,0
765	3270	880	138	1250	24,3
770	2420	900	61	1280	23,9
780	1480	920	33,9		38,3
790	1023	940	28,4	1300	36,9
800	776	1000	27,6	1330	34,8
810	625	1050	27,0	1366	32,3

(1) *Journal de Physique*, 2e série, t. VIII, p. 445, et 3e série, t. I, p. 509; *Traité d'Optique*, passim.

(2) Voir *Comptes rendus* de la dernière séance.

» Les courbes (*fig.* 1) représentent les valeurs de l'intensité d'aimantation I, en fonction de la température θ, pour des champs magnétisants H de 25, 50, 75, 100, 150, 300, 750, 1000 et 1300 unités, de 720° à 760°. Les courbes sont tellement resserrées que l'on a seulement représenté alors celles relatives aux champs de 25, 300, 1000 et 1300 unités.



» De 760° à 1375°, les intensités d'aimantation étant proportionnelles aux champs, on a seulement représenté les courbes correspondant au champ de 1000 unités, courbes (1), (2), (3), (4), (5). La courbe (1) est à l'échelle indiquée; les courbes (2), (3), (4), (5) sont respectivement à des échelles 10, 100, 1000, 5000 fois plus grandes. Comme le champ relatif à ces courbes est égal à 1000, on peut encore dire que les courbes (1), (2), (3), (4), (5) donnent respectivement à l'échelle indiquée les valeurs de $K\,10^3$, $K\,10^4$, $K\,10^5$, $K\,10^6$, $5K\,10^6$ pour $H = 1000$ et même pour toute valeur de H comprise entre 25 et 1300 lorsque la température est supérieure à 760°.

» L'examen des courbes montre qu'il n'y a pas une température déterminée pour laquelle le fer se transforme. D'une manière générale, l'intensité d'aimantation baisse d'abord lentement, puis de plus en plus vite quand la température s'élève, et la chute du magnétisme atteint son maximum de vitesse vers 740° à 750°; les courbes ont alors un point d'inflexion. L'expression *température de transformation du fer*, qui est d'un usage très commode, a donc une signification un peu vague ; il convient, je pense, de désigner ainsi la température moyenne des points d'inflexion des courbes.

» Aux températures supérieures à 750° et jusqu'à 1275°, l'intensité d'aimantation continue à décroître avec une vitesse de plus en plus faible. Mais, de 750° à 950°, la variation relative de l'intensité d'aimantation $\left(\frac{1}{I}\frac{dI}{d\theta}\right)$ est toujours considérable. L'intensité d'aimantation diminue de la moitié de sa valeur d'abord pour quelques degrés, puis pour 20° ou 30° d'élévation de la température.

» On est alors obligé, pour représenter le phénomène, d'employer des échelles de plus en plus grandes, et la courbe (5) est à une échelle 5000 fois plus grande que la courbe (1) ([1]).

» De 950° à 1280°, le coefficient d'aimantation est presque constant, il diminue un peu avec la température.

» Vers 1280°, le coefficient d'aimantation augmente brusquement de la moitié de sa valeur; puis de nouveau, de 1280° à 1365°, il se remet à diminuer quand la température augmente ([2]).

» Le fer doux présente une autre singularité dans le voisinage de la température de 860°. Cette singularité n'est guère apparente sur la courbe ci-jointe, mais elle devient manifeste si l'on construit la courbe de log I (ou de log K) en fonction de la température θ. Le coefficient angulaire des tangentes à cette courbe donne les valeurs de $\frac{1}{I}\frac{dI}{d\theta}$, expression qui, changée de signe, est la vitesse relative de chute de l'intensité d'aimantation avec la température.

» La courbe ou log I a d'abord un premier point d'inflexion vers 750°, à une température voisine du point de transformation indiquant alors un maximum de vitesse relative de chute, puis la courbe a deux autres points d'inflexions, l'un à 840° et l'autre à 880°, qui indiquent respectivement pour ces températures un minimum et un maximum de $\frac{1}{I}\frac{dI}{d\theta}$. Ceci a été retrouvé sur les quatre échantillons étudiés à ces températures. La courbe

---

([1]) L'intensité d'aimantation pour un champ de 1000 unités est 7800 fois plus faible à la température de 1000° qu'à la température ambiante. La courbe pour $H = 1000$ reconstituée à l'échelle de la courbe (5) aurait, pour la température de 20°, une ordonnée de 21^{m}.

Pour un champ de 25 unités, la chute est encore plus forte et l'intensité d'aimantation à 1000° est alors 197000 fois plus faible qu'à 20°.

([2]) De 950° à 1280°, on a représenté un peu arbitrairement les phénomènes par une droite. Il se peut qu'il faille lui substituer une courbe peu accentuée. Aux températures supérieures à 1100°, les expériences deviennent très difficiles à mener à bonne fin. Lorsque l'on place le fer dans une ampoule de platine, les deux métaux se pénètrent mutuellement par cémentation. Lorsque l'on emploie une ampoule de porcelaine émaillée, le fer s'attaque peu à peu par une chauffe prolongée. A ces températures élevées l'émail du four est fondu, la porcelaine est ramollie, le moindre contact accidentel entre l'ampoule et les parois du four amène une adhérence et il faut démonter tout l'appareil. Enfin les forces que l'on évalue sont de l'ordre de grandeur des dixièmes de milligramme.

de l'intensité d'aimantation en *fonction* de la température a, d'une manière générale, une allure hyperbolique entre 760° et 1000°. Cependant, d'après ce qui précède, il y a une forte perturbation entre 850° et 890°. L'intensité d'aimantation a entre ces températures une valeur plus forte que celle qui conviendrait pour une pareille loi.

» Lorsque la température du fer diminue à partir de la température de transformation, l'intensité d'aimantation pour un champ déterminé augmente, puis tend vers une valeur constante, indépendante de la température, et d'autant plus élevée que l'intensité du champ est plus forte ([1]).

» Entre 20° et 720°, l'intensité d'aimantation tend vers une valeur constante quand l'intensité du champ augmente. Ceci porte à imaginer qu'il existe une certaine courbe limite $I' = f(\theta)$ vers laquelle tendraient les courbes actuelles $I = f(\theta)$, si l'on utilisait des champs magnétisants d'une intensité considérable. Cette courbe serait peu différente de la courbe correspondant à un champ de 1300 unités, lorsque les températures sont comprises entre 20° et 730°; mais, à partir de 750°, elle s'en détacherait fortement. La courbe limite aurait nécessairement un point d'inflexion entre 730° et 800°. Pour une intensité de champ supérieure à 300, une courbe quelconque $I = f(\theta)$ se confondrait presque avec la courbe limite sur une portion de son tracé, d'autant plus long que le champ serait plus fort. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une méthode électrochimique d'observation des courants alternatifs* ([2]). Note de M. P. JANET, présentée par M. Mascart.

« Les mesures des courants alternatifs présentent deux éléments qui leur sont propres, et dont on ne rencontre pas l'analogue dans le cas des courants continus : ce sont les fréquences et les différences de phases. On n'a pas, jusqu'ici attaché grande importance à la mesure des fréquences, parce que celles-ci se déduisent immédiatement de la vitesse et du nombre de pôles des alternateurs employés.

([1]) Pour les champs peu intenses, l'intensité d'aimantation passe par un maximum à une température un peu inférieure à celle de transformation, puis décroît constamment, en même temps que la température. Ce dernier effet est très important dans les expériences de M. Hopkinson; il est dû, en grande partie, à une action indirecte provenant de ce que les phénomènes d'hystérésis magnétique diminuent quand la température augmente.

([2]) Laboratoire d'Électricité industrielle de la Faculté des Sciences de Grenoble.

» Il est néanmoins des cas, par exemple celui où un laboratoire reçoit un courant alternatif fourni par une station centrale éloignée, où il est bon de pouvoir les mesurer directement.

» Quant aux différences de phases, dont la mesure est si importante dans une multitude de questions concernant le courant alternatif, les méthodes proposées jusqu'ici ont toutes l'inconvénient d'être des méthodes détournées, compliquées, et surtout de nécessiter l'introduction, dans le circuit, d'instruments dont la self-induction peut fausser le résultat des mesures. Il y a donc un grand intérêt à instituer une méthode simple, suffisamment exacte pour les cas ordinaires, et ne donnant lieu à aucune de ces objections.

» La méthode graphique permet d'atteindre ce résultat avec une simplicité remarquable. Disposons sur un cylindre enregistreur métallique une feuille de papier imbibée de la solution de ferrocyanure de potassium et d'azotate d'ammoniaque utilisée dans le télégraphe électrochimique de Bain, et, sur ce papier, un style en fer ou en acier. Faisons communiquer le cylindre d'une part, la pointe en fer de l'autre, avec les deux points entre lesquels nous voulons étudier la force électromotrice périodique : le circuit dérivé ainsi formé (dont on peut au besoin accroître la résistance) ne présentant pas de self-induction, l'intensité du courant qui le traverse ne présentera pas de décalage sur la force électromotrice qui le produit (1). Si, dans ces conditions, on fait tourner rapidement le cylindre, on obtient une trace discontinue de bleu de Prusse dont les maxima, parfaitement nets, correspondent aux maxima de la force électromotrice périodique que l'on étudie. On voit immédiatement que cette méthode se prête avec une extrême facilité à l'étude d'une foule de questions concernant les courants périodiques : pour avoir la fréquence, il suffit d'inscrire simultanément la force électromotrice périodique et la seconde ou les fractions de seconde. Pour avoir la différence de phase entre deux forces électromotrices de même période, il suffit de les inscrire l'une à côté de l'autre et de déterminer la position relative des maxima de l'une des traces par rapport aux maxima de l'autre. La méthode se prêtera ainsi sans difficulté à étudier les différences de phase entre le courant primaire et le courant secondaire, la force électromotrice primaire et la force électromotrice secondaire dans

(1) En supposant même que la capacité de polarisation introduisît une différence de phase, cette différence serait une quantité constante qui n'aurait pas d'influence sur les mesures.

un transformateur, à étudier les conditions d'accouplement de deux alternateurs, etc. Je n'insiste pas sur toutes les applications possibles de cette méthode, qui me semble devoir rendre de véritables services dans une foule de questions d'électrotechnique.

» J'indiquerai simplement quelques applications que j'en ai faites. Le courant alternatif employé était le courant fourni sous une tension de 110 volts par la station centrale de la Société grenobloise d'éclairage électrique au laboratoire d'Électricité de la Faculté des Sciences [1].

» 1° Soient trois points A, B, C pris sur le circuit et séparés par des résistances non inductives : mettons le point B en communication avec le cylindre enregistreur; les points A et C en communication avec les styles. J'ai réalisé l'expérience en mettant en série un certain nombre de lampes de 20 volts. Deux de ces lampes ont constitué les résistances AB, BC. Dans ces conditions, on obtient sur le cylindre deux lignes discontinues, les maxima de l'une séparant exactement en deux parties égales les intervalles formés par les maxima de l'autre.

» 2° A l'une des deux lampes ci-dessus, j'ai substitué une résistance inductive (bobine primaire d'un petit transformateur à circuit magnétique fermé, dont le secondaire était ouvert). La différence de phase a immédiatement changé, et les maxima de la ligne discontinue correspondant à la bobine séparent maintenant en deux parties nettement inégales les intervalles des maxima de la ligne correspondant à la lampe. On pourrait sans difficulté en déduire une valeur très suffisamment approchée de la différence de phase entre les deux forces électromotrices étudiées.

» Ces deux exemples montrent avec quelle facilité la méthode s'applique. Je me propose de poursuivre ces études. »

ÉLECTRICITÉ. — *Problème général des transformateurs à circuit magnétique fermé*. Note de M. **Désiré Korda**, présentée par M. Lippmann.

« Étant donné un transformateur à noyau fermé d'une substance dont on connaît la courbe d'aimantation, il s'agit de déterminer par une méthode de calcul les courbes périodiques des courants primaire i_1 et secondaire i_2 produits par une force électromotrice alternative $E = f(t)$ appliquée aux bornes du primaire.

---

[1] Ce courant provient d'alternateurs Zipernowski à 2000 volts et est abaissé à 110 volts par des transformateurs.

» Soient l la longueur moyenne du circuit magnétique et s sa section, R la résistance ohmique et n_1 le nombre des spires du primaire et r et n_2 ceux du secondaire. On a pour la force magnétisante à chaque instant

$$(1) \qquad H = \frac{4\pi}{l}(n_1 i_1 + n_2 i_2),$$

et, si l'induction spécifique qui en résulte dans le noyau est B, on a, pour les deux circuits en présence, en admettant que les deux enroulements soient bien entremêlés de telle sorte que la dispersion est négligeable [1],

$$(2) \qquad E = R i_1 + n_1 s \frac{dB}{dt}, \qquad 0 = r i_2 + n_2 s \frac{dB}{dt}.$$

» On en tire immédiatement une première équation entre i_1 et i_2,

$$(3) \qquad n_2 R i_1 - n_1 r i_2 = n_2 E = n_2 f(t).$$

» Nous allons en chercher une deuxième en construisant la courbe des ampères-tours résultants,

$$(4) \qquad n_1 i_1 + n_2, i_2 = \varphi(t).$$

» Ces deux relations nous fourniront alors tous les points des courbes $i_1(t)$ et $i_2(t)$. Les courbes de la puissance absorbée et de celle qui est disponible à chaque instant, les pertes totales, les pertes dans le cuivre, ainsi que dans le fer, pourront en être déduites immédiatement.

» A l'instant de B_{max}, on a $\frac{dB}{dt} = 0$, donc suivant (2),

$$(5) \qquad n_2 i_2 = 0, \qquad n_1 \frac{E}{R} = n_1 i_1 \qquad \text{et} \qquad n_1 \frac{E}{R} = n_1 i_1 + n_2 i_2,$$

c'est-à-dire nous disposons d'un point particulier, où les trois courbes $n_1 \frac{E}{R}$, $n_1 i_1$ et $n_1 i_1 + n_2 i_2$ se rencontrent. De plus, en additionnant (2) et en remarquant que suivant (1) $\frac{dH}{d(n_1 i_1 + n_2 i_2)} = \frac{4\pi}{l}$, on peut écrire

$$(6) \qquad n_1 \frac{E}{R} - (n_1 i_1 + n_2 i_2) = \frac{4\pi}{l}\left(\frac{n_1^2}{R} + \frac{n_2^2}{r}\right)\frac{dB}{dH}\frac{d(n_1 i_1 + n_2 i_2)}{dt}.$$

---

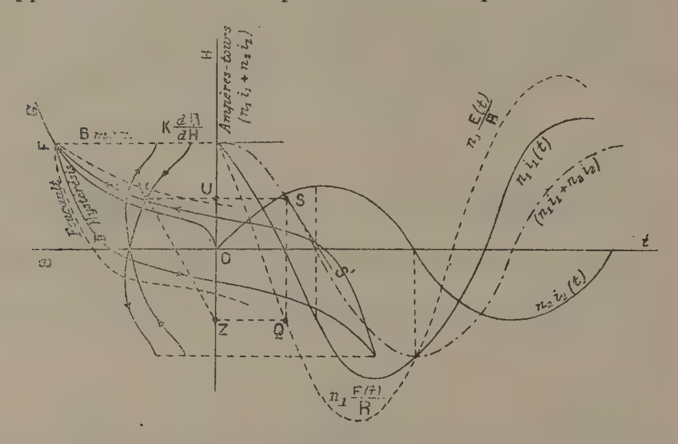
[1] Voir les méthodes approximatives basées sur des courbes sinusoïdales de G. Kapp (*Electrician*, 1887, p. 568) et de J. Hopkinson (*Proceedings of Royal Society*, février 1887).

$\frac{dB}{dH}$ est en général différent de zéro, il faut donc qu'à l'instant considéré

$$\frac{d(n_1 i_1 + n_2 i_2)}{dt} = 0; \tag{7}$$

c'est-à-dire c'est un point maximum ou minimum de la courbe $n_1 i_1 + n_2 i_2$.

» Supposons tout d'abord qu'on ait évalué par une méthode quel-



conque B_{max}, alors on est à même de tracer la courbe fermée de deux branches qui relie B et H et l'on peut intégrer l'équation (6) en se servant d'une méthode graphique (¹). A cet effet écrivons (6),

$$\frac{n_1 \frac{E}{R} - (n_1 i_1 + n_2 i_2)}{\frac{4\pi}{l}\left(\frac{n_1^2}{R} + \frac{n_2^2}{r}\right)\frac{dB}{dH}} = \frac{d(n_1 i_1 + n_2 i_2)}{dt}, \tag{8}$$

et, pour tenir compte en même temps des courants de Foucault, modifions les ordonnées B en les mettant d'accord avec la loi de Steinmetz (²). En effet, ces courants, comme autant de secondaires, modifient la valeur de H, et, par suite, celle de B. Notre courbe pointillée représente les B ainsi rectifiés.

» Mesurons pour chaque H les tangentes $\frac{dB}{dH}$ et portons-les, après multiplication

(¹) Voir pour bobines simples Sumpner, *Philosophical Mag.*, 1887, p. 470.

(²) *Journal of the American Inst. Electr. Eng.*, 1892 janv. 19 et Fleming, *Alt. Curr. Transf.*, t. II, p. 461.

par $K = \frac{4\pi}{l}\left(\frac{n_1^2}{R} + \frac{n_2^2}{r}\right)$, comme ordonnées. Nous obtenons ainsi une courbe à deux branches $K\frac{dB}{dt}$ représentant le dénominateur gauche de (8) en fonction des ampères-tours résultants $n_1 i_1 + n_2 i_2$, en ayant soin de réduire l'échelle des abscisses par $\frac{4\pi}{l}$, conformément à (1). Si nous traçons à cette même échelle la courbe donnée $n_1\frac{E}{R} = \frac{n_1}{R}f(t)$, l'ordonnée connue $\overline{OP}$ fixera la position de cette courbe. D'un autre côté, admettons qu'on connaisse un point S de la courbe cherchée $n_1 i_1 + n_2 i_2$, alors on peut la tracer tout entière par ses tangentes. En effet, comme on voit par (8), la projection V de S sur la courbe $K\frac{dB}{dH}$ et sa projection Q sur $n_1\frac{E}{R}$, projetée de son côté sur l'axe OZ, fournit une direction VZ qui est parallèle à la tangente au point S. Un tel point de départ donné est P qui, ainsi que nous venons de le voir, est un point maximum ou minimum de $n_1 i_1 + n_2 i_2$. Sa tangente sera donc parallèle à l'axe des t.

» En général, on ne connaît pas d'avance la valeur $B_{max} = \overline{PF}$. Dans ce cas, pour avoir $\overline{OP}$, on a recours à la formule tirée de (2) et (5),

$$\left(\frac{n_1^2}{R} + \frac{n_2^2}{r}\right)sB_{max} = \int_{E=0}^{n_1\frac{E}{R}=\overline{OP}} \frac{n_1}{R}E\,dt - \int_{E=0}^{n_1\frac{E}{R}=\overline{OP}} (n_1 i_1 + n_2 i_2)\,dt.$$

» En même temps en différentiant (6) et si nous voulons débuter par un maximum et non par un minimum de $(n_1 i_1 + n_2 i_2)$, on a, en tenant compte de (7),

$$\frac{n_1}{R}\left(\frac{dE}{dt}\right)_{B_{max}} = \left(\frac{n_1^2}{R} + \frac{n_2^2}{r}\right)\left(\frac{dB}{dH}\right)_{B_{max}}\left(\frac{d^2(n_1 i_1 + n_2 i_2)}{dt^2}\right)_{B_{max}} < 0,$$

ce qui veut dire que le point P se trouve sur la partie en pente de la courbe $n_1\frac{E}{R}$. On procède donc de la façon suivante : on commence par tracer d'avance la partie initiale OG de la courbe d'aimantation qui est le lieu géométrique des points de rebroussement pour tous les cycles des courbes d'hystérésis, on choisit ensuite un point P sur la partie positive en pente de la courbe $n_1\frac{E}{R}$ de telle manière qu'on ait

$$\overline{PF} = \frac{Rr}{n_1^2 r + n_2^2 R}\int_{E=0}^{n_1\frac{E}{R}=\overline{OP}} \frac{n_1}{R}E\,dt - \varepsilon,$$

ε étant une quantité positive et F étant la projection de P sur la courbe OG. Si la puissance W du transformateur est connue, il est facile d'établir

une limite supérieure pour ε, la valeur moyenne de E étant donnée par la courbe E. On a en effet $\varepsilon < \frac{n_1 R r}{n_1^2 r + n_2^2 R} \frac{W}{E_{moy}}$.

» Pour être exact il aurait fallu prendre

$$(9) \qquad \varepsilon = \frac{R r}{n_1^2 r + n_2^2 R} \int_{E=0}^{n_1 \frac{E}{R} = \overline{OP}} (n_1 i_1 + n_2 i_2)\, dt,$$

ce que la courbe $n_1 i_1 + n_2 i_2$, une fois tracée, permet de contrôler.

» Du reste, notre méthode permet d'atteindre très vite la vraie valeur de B_{max} d'autant plus qu'on dispose encore comme contrôle de la durée de période de E qui doit se retrouver pour la courbe de $(n_1 i_1 + n_2 i_2)$ et d'un autre côté il faut qu'on ait (3) aux points zéro de E,

$$\frac{n_1 i_1}{n_2 i_2} = \frac{n_1^2 r}{n_2^2 R} \quad \text{ou bien} \quad n_1 i_1 + n_2 i_2 = \left(1 + \frac{n_1^2 r}{n_2^2 R}\right) n_2 i_2. \text{ »}$$

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la transformation allotropique du fer.* Note de M. **Georges Charpy**, présentée par M. Henri Moissan.

« Dans une Note présentée à l'Académie le 11 décembre 1893, j'ai décrit des expériences qui m'ont conduit à conclure que l'existence d'un palier rectiligne dans les courbes de traction du fer et de l'acier recuits caractérise une transformation allotropique du métal.

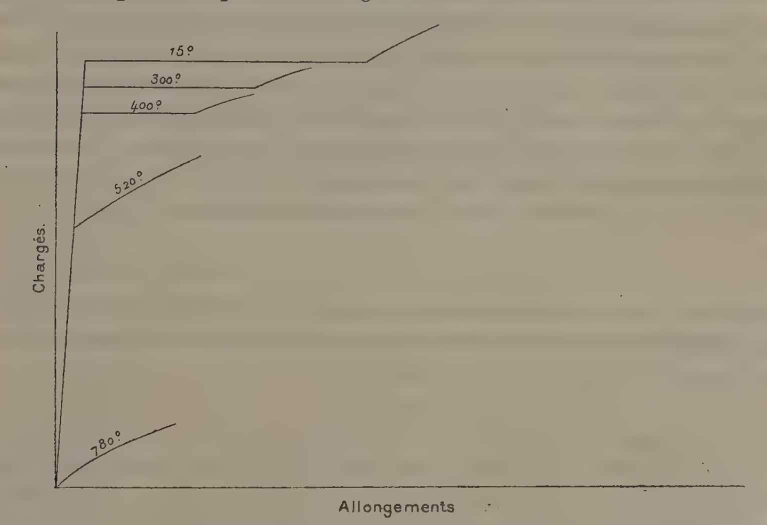
» Ce résultat pouvant présenter une certaine importance, j'ai effectué quelques expériences en vue de le contrôler.

» 1° *Essais à différentes températures.* — Un certain nombre de barreaux d'acier ont été essayés à la traction en même temps qu'ils étaient chauffés, au moyen d'un four Mermet, à une température indiquée par un pyromètre Le Chatelier; un enregistreur spécial traçait la courbe représentant l'allongement du barreau en fonction de la charge. Voici les résultats ainsi obtenus :

Température du barreau.	Charge sous laquelle se produit le palier rectiligne (par millimètre carré).	Charge de rupture.	Longueur du palier.
°	k	k	cm
15	39,4	59,000	4,5
300	36,7	73,500	2,5
400	34,7	70,200	1,7
520	»	50,100	»
780	»	10,000	»

» On voit que, si la charge de rupture augmente d'abord notablement avec la température pour diminuer ensuite, la charge sous laquelle se produit le palier, que l'ou prend généralement comme limite élastique, diminue d'une façon continue; le palier rectiligne disparaît à partir d'une certaine température.

» La portion des courbes de traction qui correspond au début de l'essai présente l'aspect indiqué dans la figure ci-dessous.



» Il n'y a pas besoin de faire ressortir l'analogie que présente ce graphique avec ceux obtenus dans l'étude des changements d'état à différentes températures, notamment avec celui qui représente la liquéfaction de l'acide carbonique d'après les expériences d'Andrews.

» 2° *Essais à la flexion et à la compression.* — Dans les aciers qui avaient servi à faire les expériences de traction on a découpé des barreaux prismatiques destinés à des essais de flexion et des cylindres destinés à des essais de compression. Ces éprouvettes ont été soumises à l'essai au moyen de la balance Joëssel; dans chaque cas un enregistreur donnait la courbe représentant, en fonction de la charge, soit la flèche prise par le barreau de flexion, soit l'écrasement subi par le cylindre de compression.

» On a encore observé que ces courbes présentent une portion rectiligne si l'acier est recuit et que cette portion rectiligne disparaît si l'acier a été préalablement écroui ou trempé.

» Pour apprécier plus nettement l'influence de l'écrouissage, on a procédé de la façon suivante : Dans un gros barreau d'acier soumis à une traction suffisante pour produire un allongement supérieur à celui qui correspond à la formation du palier, on a découpé dans le sens de l'allongement et dans le sens perpendiculaire des cylindres de compression et des petits barreaux de traction.

» Aucune de ces éprouvettes, essayée directement, n'a donné de palier rectiligne, tandis qu'on a observé ce palier après un recuit de 800°.

» 3° *Essais de traction sous différentes vitesses.* — L'aspect de la courbe de traction reste absolument le même quand on fait varier la durée de l'essai depuis une minute jusqu'à dix minutes. On constate seulement que la charge correspondant à la formation du palier augmente légèrement en même temps que la vitesse. Cela correspond au retard à la transformation que l'on observe dans la plupart des changements d'état. »

ZOOLOGIE. — *Évolution des êtres organisés. Sur certains cas de dédoublement des courbes de Galton dus au parasitisme et sur le dimorphisme d'origine parasitaire.* Note de M. **Alfred Giard.**

« La méthode statistique et graphique imaginée par Quételet pour l'étude des variations des caractères anthropologiques susceptibles d'une estimation arithmétique a été, comme on sait, perfectionnée et généralisée par F. Galton ([1]). . . . .

» Mais le calcul ne peut que rendre sous une forme différente, souvent plus saisissante, ce qu'on lui a confié, et la statistique ne dispense pas de l'étude analytique des faits enregistrés. C'est ainsi que toute considération arithmétique ou statistique est impuissante à expliquer une particularité singulière déjà signalée par plusieurs auteurs. En appliquant la méthode des courbes de déviation à divers organes variables (longueur des pinces des Forficules mâles, longueur des cornes céphaliques du scarabée *Xylotrupes gideon,* largeur frontale de la carapace de *Carcinus mænas*), Bateson et Weldon ont trouvé que les individus ne peuvent pas toujours se grouper en un ensemble unique, mais que parfois ils se groupent en deux ensembles distribués de part et d'autre de deux moyennes différentes, de telle sorte qu'il n'y a

---

([1]) Francis Galton, *Natural inheritance.* London, Mac-Millan and C°, p. 37 et suiv.; 1889.

pas une courbe unique, mais deux courbes d'erreur ayant chacune leur ordonnée maxima. A peu près comme si dans une communauté humaine les géants et les nains constituaient deux masses prédominantes, les individus de taille moyenne étant les moins nombreux. Il est évident qu'un pareil état de choses indique l'existence de deux positions distinctes d'équilibre biologique, et l'on peut se demander si le dimorphisme ainsi révélé ne permet pas de comprendre la formation de deux espèces par disjonction d'une espèce primitive, cette disjonction s'opérant d'une façon continue ou discontinue, selon la manière dont se comportent les deux formes dimorphes au point de vue de l'hérédité. Il resterait évidemment à préciser les conditions éthologiques qui déterminent ces deux états d'équilibre différents, et je doute que la statistique suffise à cette besogne. Mais en laissant ouverte cette question, je crois que certains cas de dédoublement des courbes d'erreur peuvent recevoir une interprétation immédiate. Si, par exemple, on applique la méthode de Galton aux variations de largeur de la queue des *Carcinus mœnas* mâles dans une localité où le parasite *Sacculina carcini* est abondant, on obtient une courbe à deux sommets, et, comme dans ce cas, le parasite est externe, on voit facilement que le second maximum (le plus petit), correspondant à une largeur plus grande de l'appendice, est en rapport avec la présence de la Sacculine. Il y a donc en réalité deux courbes de distribution, l'une s'appliquant aux mâles normaux, l'autre aux mâles parasités, et indiquant chacune un état d'équilibre biologique spécial.

» On peut se demander si un parasite interne n'agirait pas d'une manière analogue et si *Portunion mœnadis,* par exemple, ne déterminerait pas le premier maximum observé par Weldon, dans la courbe de distribution de la largeur frontale des *Carcinus mœnas* de Naples. J'ai examiné à ce point de vue les carapaces de cinq *Carcinus mœnas* de Wimereux, infestés par *Portunion*. Chez ces cinq individus la largeur frontale exprimée en millièmes de la longueur de la carapace donne des nombres très voisins de 630,62 correspondant à la première moyenne de Weldon. Le spécimen qui s'en écarte le plus est une femelle chez laquelle la distance des deux premières dents antéro-latérales est de 19^{mm} et la longueur de la carapace de 30^{mm}; ce qui donne pour la largeur frontale 633,33. Les Entonisciens parasites de ces crabes étaient adultes et avaient exercé leur action maxima. Il convient d'ajouter que la *fonction de Galton* a la même valeur pour les crabes normaux de Wimereux que pour ceux de Naples et de Plymouth. Il est clair que nos observations sont encore trop peu nombreuses pour

autoriser une conclusion ferme. Elles contiennent cependant une indication et font présumer que le parasite a déterminé un nouvel état d'équilibre biologique avec conservation du caractère *pœdomorphique* de l'étroitesse du bord frontal.

» J'ai tout lieu de croire qu'une interprétation du même genre peut s'appliquer aux courbes dédoublées signalées par W. Bateson pour la distribution des longueurs des pinces des Forficules mâles (¹). Il est possible, en effet, d'après la longueur de la pince, de prévoir qu'une Forficule mâle possède des Grégarines et qu'elle en possède une plus ou moins grande quantité. Comme ces parasites produisent un amoindrissement du caractère sexuel secondaire de la longueur des pinces, sans déterminer la stérilité absolue (la castration complète étant exceptionnelle), il arrive fréquemment, et c'est le cas sur les falaises de Wimereux comme aux îles de Farne, que les individus à pinces courtes, c'est-à-dire ceux qui ont des parasites, sont plus nombreux que ceux à pinces longues. Ces deux catégories forment deux ensembles ayant chacun leur état d'équilibre particulier et possédant chacun une courbe de distribution spéciale.

» Je n'ai pas étudié le cas de *Xylotrupes gideon*, et, comme il s'agit d'un insecte de l'archipel Indien que nous n'avons qu'à l'état sec dans nos collections, il est assez malaisé de savoir s'il possède fréquemment des parasites. Cela paraît cependant bien probable, en raison de ce que nous savons de l'*Oryctes nasicornis* et de la plupart de nos Scarabéides indigènes. Bien que ces insectes soient à métamorphose complète et que les Grégarines soient surtout abondantes chez les larves, l'action de ces parasites peut se continuer pendant toute la période de la nymphose, grâce aux kystes cœlomiques dont L. Léger nous a révélé l'existence.

» D'ailleurs, tout en insistant sur l'importance de l'action des parasites dans la production de certains états dimorphiques, je n'entends nullement affirmer que tout dimorphisme soit le résultat d'une action parasitaire, et il me paraît très probable que d'autres facteurs éthologiques déterminent des états multiples d'équilibre biologique dont la ségrégation et la sélection peuvent s'emparer pour constituer de nouvelles espèces. Mais j'ai tenu à montrer que la statistique seule est impuissante à résoudre le problème sans un examen minutieux et détaillé de chaque cas particulier.

» Dans les cas de dimorphisme parasitaire, la forme correspondant aux

---

(¹) W. Bateson, *On some case of variation in secondary sexual characters statically examined* (*Proc. Zool. Soc. Lond.*, p. 585; 1892).

individus infestés est généralement pædomorphique par rapport à la forme normale. »

ZOOLOGIE. — *Sur l'appareil venimeux des Hyménoptères*. Note de M. **Bordas**, présentée par M. Edmond Perrier.

« Les glandes des organes venimeux des Hyménoptères, si développées, si compliquées, si variables dans leurs formes, ne sont encore connues que chez l'Abeille. Dufour, Leuckart, Leydig, Carlet les ont décrites successivement chez cet Insecte. Ce dernier zoologiste a reconnu, en se basant sur des expériences physiologiques, l'existence de deux glandes : la *glande acide* et la *glande alcaline*. La glande alcaline pourrait être désignée sous le nom de *glande de Dufour*, en mémoire du premier entomologiste qui l'a décrite et figurée, et dont la seule erreur est de l'avoir considérée comme une annexe de l'appareil génital femelle. Carlet nie son existence chez les Hyménoptères à aiguillon lisse, les *Philanthus*, etc.

» Nous avons repris cette étude et retrouvé ces deux glandes dans une *centaine* d'espèces appartenant à une *cinquantaine* de genres pris, non seulement parmi les *Aculeata*, mais encore les *Ichneumonidæ*, les *Tenthredinæ*, etc. Ce qui nous a permis de conclure à l'existence de ces organes chez tous les Hyménoptères.

» La *glande acide* est composée de trois parties : la portion glandulaire, le réservoir à venin et le canal excréteur.

» La *portion glandulaire* a, dans certaines espèces, la forme d'un tube long, cylindrique et sinueux, d'abord simple, mais toujours bifide à son extrémité. La ramification peut se faire en des points variables, tantôt vers l'extrémité supérieure, tantôt, au contraire, dans le voisinage de la vésicule à venin. Ces canaux sont généralement simples, et leurs portions terminales enchevêtrées forment deux pelotons ovoïdes, entourés de tissu adipeux, placés sur les côtés des derniers segments abdominaux, de part et d'autre du rectum.

» Dans beaucoup de genres, comme les *Crabro*, les *Philanthus*, etc., la glande acide est formée par une paire de tubes comprenant une partie cylindrique simple, postérieure et une partie ramifiée, antérieure. Les ramuscules issus du tronc principal sont courts, sinueux et parfois renflés de distance en distance. Chez certains *Cryptus* la glande est formée par une touffe de *huit* à *dix* tubes longs, cylindriques et flexueux.

» Dans quelques *Tenthredinidæ* (Emphytus), la glande, d'abord simple et tubuleuse, se termine ensuite, à son extrémité, par un faisceau de tubes blancs, courts, cylindriques et recourbés.

» Ces glandes sont constituées par une membrane enveloppante externe, sur laquelle repose un épithélium glandulaire, formé par de longues cellules cylindriques, à protoplasme granuleux et à noyau central sphérique ou ovoïde, pourvu de nucléoles. Cette couche cellulaire limite un canal médian sinueux.

» La *vésicule* ou *réservoir à venin* présente une forme et une structure variables suivant les espèces. Elle est tantôt ovoïde ou cylindrique et tantôt sphérique. Ses parois sont quelquefois minces et transparentes, mais, dans la majorité des cas, elles sont recouvertes par une épaisse couche musculaire, à faisceaux dirigés obliquement, pouvant se diviser en quatre valves.

» Le *canal excréteur* est généralement court, mais, dans quelques espèces, les *Pompilus*, par exemple, il se présente sous la forme d'un tube long, jaunâtre et flexueux, pourvu d'épaississements chitineux, spiralés, internes, et s'ouvrant dans une petite échancrure située à la base du gorgeret.

» La *glande alcaline*, ou *gl. de Dufour*, existe, comme la précédente, dans *tous* les Hyménoptères, chez les *Térébrants*, comme chez les *Vulnérants*, et a la forme d'un tube irrégulier, à surface striée transversalement et à extrémité antérieure amincie ou sphérique. Aucun renflement n'indique la présence d'un réservoir, et la partie terminale et amincie peut être considérée comme l'homologue d'un canal excréteur, dont l'orifice est voisin de celui de la glande acide. Ces glandes sont très développées au printemps. C'est ainsi que chez les *Andrena*, les *Halictus*, etc., elles forment un tube boursouflé, long de 10^{mm} à 12^{mm} et disposé en arc sur l'intestin moyen.

» Nous avons constaté, de même, dans la plupart des Hyménoptères : *Ichneumon*, *Cryptus*, *Crabro*, *Philanthus*, etc., l'existence d'une troisième glande impaire, granuleuse, rectangulaire, ou lancéolée et dont le canal excréteur, court et filiforme, débouche à côté de l'orifice de la glande alcaline. Cette glande se trouve à la base du gorgeret, entre les deux gros faisceaux musculaires qui unissent l'aiguillon au dernier segment abdominal. »

ZOOLOGIE. — *Le rejet de sang comme moyen de défense chez quelques Coléoptères.* Note de M. L. Cuénot, présentée par M. Blanchard.

« Les Coléoptères, outre leur cuirasse chitineuse parfois si épaisse, possèdent très souvent des défenses chimiques, liquides nauséabonds ou caustiques sécrétés par les glandes anales, les glandes salivaires ou des glandes tégumentaires, qu'ils rejettent à la moindre alerte (Carabes, Brachinus, Cétoine, Paussus, etc.). Mais ces liquides défensifs ne sont pas toujours des sécrétions glandulaires; en effet, quelque étonnant que le fait puisse paraître, j'ai constaté, chez un certain nombre de Coléoptères qui font l'objet de cette Note, que c'est le sang même de l'animal, chargé de produits nocifs, qui sort du corps par des déchirures des téguments et les protège contre les attaques des carnassiers. J'ai étudié les espèces suivantes : parmi les Chrysoméliens, *Timarcha tenebricosa* Fabr. et *coriaria* Fabr., *Adimonia tanaceti* Fabr.; parmi les Coccinelliens, *Coccinella septempunctata* L. et *bipunctata* L.; parmi les Vésicants, *Meloe proscarabeus* L., *majalis* L. et *autumnalis* Oliv.

» Lorsqu'on touche une Timarche, Adimonia, Coccinelle, Meloe, on sait depuis longtemps que ces animaux *font le mort;* ils replient sous le ventre les antennes et les pattes, se laissent tomber à terre et gardent, pendant plus ou moins longtemps, une immobilité parfaite destinée à dérouter les ennemis qui ne se nourrissent que de proies mobiles (Lézards, Batraciens, etc.). Ce phénomène leur est d'ailleurs commun avec un grand nombre de Coléoptères, d'Hémiptères, de Fourmis et Tenthrédiens, etc.; c'est un moyen de défense très répandu. Au moment où l'animal roule sur le sol, on voit sortir par la bouche (*Timarcha*, *Adimonia*), ou par les articulations fémoro-tibiales des pattes (*Coccinella*, Vésicants), de grosses gouttes d'un liquide un peu visqueux, coloré en jaune ou en rouge; ce fait a été remarqué par tous les entomologistes, mais ce qui est beaucoup moins connu, c'est la nature et le rôle de ce liquide.

» Leydig (1859), qui l'a étudié chez *Coccinella punctata*, *Timarcha coriaria* et *Meloe proscarabeus*, pense que ce suc coloré n'est pas un produit de sécrétion, mais bien du sang, venu directement de l'intérieur du corps; cette assertion n'a pas rencontré grande créance; et tous les auteurs, notamment Magretti (1881) et Beauregard (1890) pour *Meloe;* de Bono (1889) pour *Timarcha,* ont admis au contraire que ce liquide était sécrété par de

petites glandes hypodermiques situées soit dans les pattes, soit dans le corps ([1]).

» L'opinion de Leydig était cependant exacte, et ce liquide est bien du sang, absolument identique au sang contenu dans le reste du corps; on n'a qu'à recueillir une goutte rejetée spontanément, à l'examiner à un fort grossissement, pour y voir de nombreux amibocytes, très normaux, émettant de courts pseudopodes. Enfin, le sang extrait par section d'une élytre ou d'une antenne, ou par piqûre de l'abdomen, est parfaitement identique comme composition et couleur au liquide exsudé naturellement par les pattes ou la bouche. Il ne peut donc y avoir aucun doute à cet égard : les Coléoptères en question ont la propriété de rejeter au dehors leur propre sang.

» Diverses expériences, qu'il serait trop long de rapporter ici, m'ont prouvé qu'il n'y avait pas d'orifice préformé pour la sortie du sang; au moment où l'insecte fait le mort, la cuticule se fendille probablement en des points de moindre résistance sous la pression du liquide sanguin, de façon à en laisser passer une goutte, puis se referme presque aussitôt par formation d'un caillot de fibrine ou autrement. Ce qui le prouve bien, c'est que chez des insectes recueillis en même temps, le rejet de sang ne se produit pas infailliblement chez tous; le liquide, au lieu de prendre la voie habituelle, peut s'échapper par d'autres points : ainsi, chez les Timarches que j'ai étudiées, le sang sort toujours par la bouche, alors que Leydig dit expressément pour *T. coriaria,* qu'il s'échappe seulement par les articulations des pattes.

» Quant à la signification de ce rejet de sang, il est bien certain que c'est un moyen de défense chimique très efficace, comme l'admettent d'ailleurs la plupart des auteurs; il est facile de le prouver expérimentalement :

» J'ai mis dans un même récipient des *Adimonia tanaceti* et des Lézards gris et verts très actifs; un des Lézards a attaqué une *Adimonia* en la prenant franchement dans la gueule, mais celle-ci a rejeté aussitôt une grosse goutte de sang jaune par la région buccale. Le Lézard a immédiatement

---

([1]) Leydig, *Zur Anatomie der Insecten* (*Archiv für Anat.*, 1859, p. 33). — Magretti, *Del prodotto di secrezione particolare in alcuni Meloidi* (*Boll. Scient.*, n° 1, 1881). — De Bono, *Sull'umore segregrato dalla Timarcha pimelioides* (*Il natural. Siciliano,* 1889, p. 24). — Beauregard, *Les Insectes vésicants,* Paris, 1890. — Cuénot, *Le sang des Meloe et le rôle de la cantharidine dans la biologie des Insectes vésicants* (*Bull. Soc. Zool.*, t. XV, 1890, p. 126).

lâché prise et s'est frotté la gueule contre la terre afin de se débarrasser du liquide dont elle était enduite depuis il n'a plus attaqué les *Adimonia*. Par contre, lorsque celles-ci ne rejettent aucun liquide, ce qui arrive chez quelques individus mal doués, elles sont parfaitement mangées par les Lézards et les Batraciens. Beauregard a fait avant moi une observation presque identique à l'égard de *Meloe proscarabeus* et des Lézards verts; enfin rien n'est plus facile que de la renouveler avec les Coccinelles qui sont toujours rejetées par les Lézards et Batraciens (*Bombinator*) qui les avalent par inadvertance. Les Insectes carnassiers, tels que les Carabes, quelque affamés qu'ils soient, n'attaquent jamais les Coccinelles, Timarches ou Meloés.

» Les principes qui donnent au sang ses propriétés défensives varient sans doute avec les espèces : le sang des Coccinelles a une odeur assez forte, très désagréable, qui est d'ailleurs celle de l'animal entier; celui des Timarches est inodore, mais a un goût astringent très persistant; d'après les recherches de de Bono sur *T. primelioides*, il renfermerait un produit vénéneux capable d'empoisonner les Mouches en quelques minutes, et de tuer rapidement par arrêt du cœur les Cobayes, Chiens et Grenouilles; enfin, chez les Vésicants, il est bien connu (Leydig, Bretonneau, Beauregard) que le sang renferme une grande quantité de cantharidine dont les propriétés vésicantes font un produit éminemment défensif.

» Ce singulier moyen de défense n'est connu jusqu'ici que dans trois groupes de Coléoptères : parmi les Chrysoméliens, chez de nombreuses espèces des genres *Timarcha*, *Adimonia* et probablement les *Megalopus* Fabr. de l'Amérique équatoriale; parmi les Coccinelliens, chez la plupart des *Coccinella*; enfin, parmi les Vésicants, chez les *Cantharis, Lytta, Meloe, Mylabris, Cerocoma*, etc. Il est probable qu'on le retrouvera encore chez d'autres Insectes [1]. »

ZOOLOGIE. — *Sur les bourgeons musculaires des nageoires paires du* Cyclopterus lumpus [2]. Note de M. **Frédéric Guitel**, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« Depuis la Note que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie le 9 février 1891, j'ai pu étudier des œufs de *Cyclopterus* plus jeunes que ceux

---

[1] Travail du laboratoire de Zoologie de la Faculté des Sciences de Nancy.

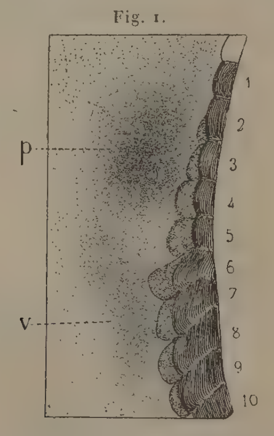
[2] Ce travail a été fait dans les laboratoires maritimes de Roscoff et de Banyuls-sur-Mer.

sur lesquels avaient porté mes premières investigations. L'expérience acquise m'ayant permis d'arriver à un meilleur mode de fixation des embryons, j'ai pu découvrir les bourgeons musculaires des nageoires paires qui m'avaient complètement échappé lors de mes précédentes recherches. Toutefois, bien des points très importants n'ont pu encore être élucidés et je ne me suis décidé à publier les quelques résultats consignés ici qu'en raison du peu de faits actuellement connus sur les bourgeons musculaires des membres des Téléostéens.

» Les embryons pourvus de vingt et un segments primordiaux n'ont encore aucun rudiment de nageoire; mais ceux qui en possèdent vingt-quatre montrent déjà celui de la pectorale. Ce rudiment est constitué par un épaississement de la somatopleure affectant la forme d'un triangle rectangle étroitement appliqué suivant le côté le plus grand de son angle droit contre la face latérale des quatre ou cinq premiers segments primordiaux.

» Plus tard, chez l'embryon ayant trente segments, on distingue nettement le rudiment de la ventrale. C'est un épaississement du mésoderme en continuité avec celui de la pectorale, moins large et beaucoup moins épais que ce dernier, s'étendant au moins jusqu'au niveau du neuvième segment. A ce moment l'ensemble des deux rudiments (*fig.* 1, p, v) est

Fig. 1.



Moitié gauche de la région thoracique d'un embryon de *Cyclopterus lumpus* pourvu de 32 segments primordiaux. 1 à 10, segments primordiaux émettant chacun un bourgeon à la base de leur face externe; p, v, rudiments somatopleuriques de la pectorale et de la ventrale. 80 diamètres.

symétrique par rapport à un plan parallèle au plan de symétrie de l'embryon.

» Les bourgeons musculaires, déjà visibles sur l'embryon pourvu de 24 segments, sont notablement plus développés sur ceux qui en comptent 30 ou 32.

» Les bourgeons de la pectorale sont difficiles à bien voir et se présentent comme de courtes proéminences arrondies faisant saillie sur la face latérale de la partie inférieure du myotome qui leur donne naissance. Leur base d'insertion s'étend sur toute l'épaisseur de ce myotome et ils s'avancent dans l'épaississement somatopleurique qui constitue le rudiment de la pectorale. Ces bourgeons, qui sont au nombre de quatre, sont annexés aux quatre premiers segments primordiaux et leur saillie latérale augmente du premier au quatrième (1, 2, 3, 4, *fig.* 1) [1].

» Les bourgeons destinés à la ventrale, devant s'allonger beaucoup avant d'atteindre le rudiment mésodermique de cette nageoire, sont beaucoup plus faciles à voir que ceux de la pectorale; ils sont au nombre de cinq. La *fig.* 1 les montre situés sur le côté externe des cinq segments primordiaux postérieurs au quatrième.

Fig. 2.



Moitié droite de la région thoracique d'un embryon de *Cyclopterus lumpus* pourvu de 35 segments primordiaux. Les lettres et les chiffres désignent les mêmes parties que dans la *fig.* 1. 80 diamètres.

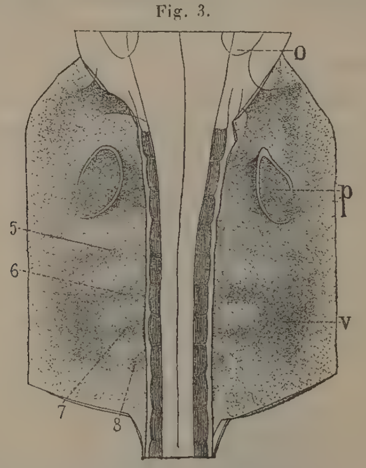
» La *fig.* 2, faite d'après un embryon pourvu de trente-cinq protovertèbres, représente ces mêmes bourgeons à un stade plus avancé de leur dé-

(1) Sur l'embryon qui m'a servi à dessiner la *fig.* 1, le bourgeon du premier segment primordial n'était pas visible; mais j'ai eu l'occasion de constater sa présence sur d'autres embryons du même stade.

veloppement. Le premier (5ème myotome) semble être resté stationnaire, mais les deux suivants, annexés au sixième et au septième myotome, se sont considérablement allongés et atteignent la plaque somatopleurique constituant le rudiment de la ventrale; le contour de leur extrémité distale est devenu invisible. Le bourgeon du huitième myotome s'est aussi beaucoup allongé, mais il n'a pas encore atteint le rudiment de la ventrale; celui du neuvième est encore moins développé que le précédent; c'est le dernier de ceux qui contribuent à la formation de cette nageoire; mais il est suivi par un autre, celui du dixième myotome, qui reste toujours à l'état rudimentaire. Le cloaque se forme au-dessous du douzième segment primordial.

» La *fig.* 3 a été faite d'après un embryon pourvu, comme celui de la *fig.* 2, de trente-cinq protovertèbres. Ici, les quatre premiers bourgeons

Fig. 3.



Région thoracique d'un embryon de *Cyclopterus lumpus* pourvu de 35 segments primordiaux. 5, 6, 7, 8, les quatre bourgeons musculaires les plus antérieurs contribuant à la formation de la ventrale; le dernier (8), issu du 8e segment, n'a pas encore atteint le rudiment de la nageoire; p, v, rudiments somatopleuriques de la pectorale et de la ventrale. 60 diamètres.

de la ventrale sont extrêmement nets et se présentent tous sous la forme de larges rubans très aplatis. Le premier (5), plus long et plus grêle que les autres, se rend à la partie tout à fait antérieure du rudiment de la ventrale, les deux suivants (6 et 7), dont l'extrémité semble complètement confondue avec la ventrale, sont plus courts, mais plus épais et plus larges que le premier. Quant au quatrième (8), il n'a pas encore atteint le rudiment, cependant son extrémité distale n'est pas nettement limitée.

» Dans l'embryon chez lequel le rudiment somatopleurique de la ventrale a déjà un pli ectodermique bien marqué, les bourgeons musculaires des myotomes, cinq à huit, sont tous les quatre en rapport avec ce rudiment et, comme la ventrale, à ce stade, est beaucoup plus éloignée de la paroi latérale des myotomes qu'au stade précédent, ses quatre premiers bourgeons ont doublé de longueur. De plus, ceux des myotomes neuf et dix se sont beaucoup allongés, mais n'atteignent pas la ventrale.

» Enfin, plus tard encore, le bourgeon du neuvième myotome rejoint à son tour l'ébauche somatopleurique de la ventrale; mais celui du dixième myotome semble rester d'abord à l'état rudimentaire et disparaître par la suite.

» L'examen des embryons préparés en totalité pourrait laisser subsister quelque doute sur la véritable nature des protubérances arrondies que je considère comme représentant les bourgeons musculaires de la pectorale; mais les coupes transversales pratiquées chez des embryons ayant de vingt-cinq à trente segments primordiaux montrent bien ces masses comme de véritables proliférations de la base des myotomes, se portant en dehors à la rencontre du rudiment somatopleurique.

» Les coupes transversales de la région de la ventrale font voir que les bourgeons musculaires pénètrent dans le rudiment somatopleurique qui la constitue, mais la partie de la somatopleure qui reste en dessous du bourgeon est si mince que bientôt ce dernier semble passer sous le rudiment tout entier.

» Je n'ai pas réussi à voir les bourgeons du *Cyclopterus* se diviser en quatre bourgeons secondaires, comme cela a lieu chez les Sélaciens; il m'a également été impossible de voir ces bourgeons se séparer de leurs myotomes, et leur tissu se transformer en muscles.

» Il est intéressant de rapprocher des faits qui précèdent les quelques données suivantes relatives à l'innervation et à la composition du squelette des membres du *Cyclopterus*.

» La nageoire pectorale est innervée par les quatre premières paires de nerfs spinaux, tandis que la ventrale reçoit ses nerfs des trois paires suivantes. Les os carpiens (nomenclature de Cuvier) sont au nombre de quatre. Ils sont tous articulés par leur bord proximal avec l'huméral. La rangée qu'ils forment est complétée vers le haut par le radial, et vers le bas par le cubital. Les rayons de la nageoire sont tous portés par les quatre os carpiens, sauf cependant le supérieur, qui s'articule avec le radial. »

BOTANIQUE. — *Sur le parasitisme d'une espèce de Botrytis;* par M. **Louis Mangin.**

« Dans la séance du 2 avril dernier, MM. Prillieux et Delacroix ont communiqué à l'Académie des Sciences le résultat de leurs observations sur la *toile*, sans mentionner la Note que j'avais présentée, un mois auparavant, sur le même sujet, à la Société de Biologie [1].

» Je n'ai pas à regretter cet oubli, puisqu'il a permis à MM. Prillieux et Delacroix de publier la vérification partielle des faits que j'avais annoncés.

» Le *Botrytis* dont il est question dans cette Note, était considéré jusqu'ici comme saprophyte et, par conséquent, inoffensif pour les plantes saines. Il ne me semble pas que MM. Prillieux et Delacroix aient démontré son parasitisme.

» Ces auteurs ont bien vu que la plante envahie par le parasite *se couvre alors de fructifications de* Botrytis cinerea, *qui est véritablement le parasite qui, à l'état stérile, forme la toile qui a pénétré dans son collet et ses parties souterraines, et l'a tuée.*

» Mais on doit remarquer que, beaucoup de saprophytes envahissent souvent les parties malades, et masquent ainsi les véritables parasites. Il n'était donc pas superflu de réaliser, comme je l'ai fait, des cultures pures, et de semer ensuite les spores de ces cultures sur des plantes saines, pour vérifier si les phénomènes de dépérissement, observés dans les plants contaminés, se manifestent encore.

» D'autre part, j'ai fait remarquer que la forme *Botrytis*, obtenue dans les cultures, ne représente que la forme conidienne d'une espèce ascoporée comparable au *Peziza* (*Sclerotinia*) *Fuckeliana;* il me paraissait donc légitime d'attendre, pour fixer définitivement le nom spécifique, que la série des formes reproductrices fût obtenue. MM. Prillieux et Delacroix n'ont pas éprouvé le même embarras et concluent en attribuant au *Botrytis cinerea* les ravages occasionnés par la *toile*. Ils ont bien obtenu des sclérotes, mais ils ne paraissent pas avoir observé, plus que moi d'ailleurs, la formation des Pezizes, qui seule permet l'identification de l'espèce.

---

[1] L. Mangin, *Sur la toile, affection parasitaire de certains végétaux* (*Bulletin de la Société de Biologie,* 3 mars 1894).

» Si l'aspect extérieur rappelle assez bien, en effet, le *Botrytis cinerea*, l'une des formes de la section des *Polyactis*, il me paraît difficile de se prononcer avec ces seules données; d'une part, à cause des nombreuses formes voisines, qu'on a peut-être trop hâtivement regardées comme spécifiquement distinctes; d'autre part, à cause des variations que cette forme conidienne éprouve suivant les conditions de milieu.

» J'ajouterai quelques mots sur le traitement à employer. Les auteurs de la Note du 2 avril se bornent à dire : *Il est permis d'espérer qu'on pourra le combattre* (le Botrytis) *efficacement par les traitements cupriques*, et, plus loin, *quelques essais faits dans une serre aux Basses Loges, avec la bouillie au saccharate de cuivre à la dose de 4 pour* 100, *ont, nous assure-t-on, donné des résultats appréciables*.

» Je cois la question plus complexe. D'abord, en ce qui concerne la germination et la propagation du parasite, j'ai constaté directement, et publié, l'efficacité des sels de cuivre et de zinc. A la dose de $\frac{1}{1\,000\,000}$ du métal en dissolution ($\frac{3,85}{1\,000\,000}$ de sulfate de cuivre et $\frac{4,30}{1\,000\,000}$ de sulfate de zinc), les spores sont tuées; la germination n'a pas lieu davantage avec les solutions au *dix-millionième*.

» S'il ne s'agissait que de détruire le parasite sur les organes aériens, la question serait résolue; mais, dans la *toile*, le parasite se développe au sein de la terre et envahit les parties souterraines; c'est donc dans le sol même qu'il faut tuer ce parasite. Les observations de MM. Haselhoff ([1]) et Otto ([2]) ont établi que les sels de cuivre sont nuisibles aux plantes qui les absorbent par leurs racines; M. Viala ([3]) a démontré, il est vrai, que le sol des vignes, même pauvre en calcaire, peut supporter des doses assez considérables de sulfate de cuivre sans danger pour celles-ci; mais les plantes cultivées sous châssis ou dans les serres à multiplication sont peu résistantes (plantules de germination, plantes repiquées, etc.) et pour elles, ainsi que j'ai eu l'occasion de le vérifier, les sels de cuivre sont toxiques même à l'état de carbonate dicuivrique avec ou sans calcaire.

([1]) Haselhoff, *Ueber die Schädigende Wirkung von Kupfersalze, Kupfersulfat und Kupfernitrathaltigen Wasser auf Boden und Pflanzen* (*Landwirthsch. Jarhrbücher*, Bd. XXI; 1892).

([2]) R. Otto, *Untersuchungen über das Verhalten der Pflanzenwurzel gegen Kupfersalzlösungen* (*Zeitsch. f. Pflanzenkrankh.*, Bd. III; 1893).

([3]) P. Viala, *De l'action de certaines substances toxiques sur la vigne* (*Revue de Viticulture*, T. I, nos 3 et suivants).

» Il est donc essentiel d'ajouter au sol les sels de cuivre ou de zinc sous une forme et à une dose telles que, nuisibles au parasite, ils soient sans danger pour les plantes. C'est l'objet de recherches, en voie d'exécution, dont je ferai connaître les résultats à l'Académie en complétant l'histoire du Champignon dont j'ai signalé l'existence à l'état parasitaire. »

BOTANIQUE. — *Modifications anatomiques des plantes de la même espèce dans la région méditerranéenne et dans la région des environs de Paris* (1). Note de M. **W. Russell**, présentée par M. Duchartre.

« De nombreux travaux ont montré que les plantes peuvent éprouver de profondes modifications de forme et de structure, lorsque leurs conditions d'existence viennent à changer. Les prive-t-on de lumière (2), les change-t-on d'altitude (3), se développent-elles sur les grèves salées du littoral (4) ou dans les eaux douces (5), tout leur appareil végétatif varie, leur fructification se modifie et leur organisation intime se transforme.

» Jusqu'ici, l'étude de l'influence du climat sur la structure des végétaux n'a donné lieu qu'à quelques observations de de Candolle (6) et de Sagot (7) et à une Note spéciale de M. Areschoug.

» Je me suis dès lors proposé ici, non pas de combler cette vaste lacune, mais simplement d'en explorer un point particulier.

---

(1) Ce travail a été fait au Laboratoire de Botanique de la Sorbonne, dirigé par M. Gaston Bonnier.

(2) Rauwenhoff, *Sur les causes des formes anormales des plantes qui croissent dans l'obscurité* (*Annales des Sciences naturelles*, t. V, 1877).

(3) G. Bonnier, *Étude expérimentale de l'influence du climat alpin sur la végétation et les fonctions des plantes* (*Bulletin de la Société botanique*, 1887). *Cultures expérimentales dans les Alpes et les Pyrénées* (*Revue générale de Botanique*, 1890).

(4) P. Lesage, *Influence du bord de la mer sur la structure des feuilles*. Rennes, 1890.

(5) J. Costantin, *Structure de la tige des plantes aquatiques* (*Annales des Sciences naturelles*, t. XIX, 1884).

(6) De Candolle, *Géographie botanique*, t. II.

(7) Sagot, *Végétation des plantes potagères d'Europe sous l'Équateur* (*Bulletin de la Société botanique*; 1862).

(8) Areschoug, *Einfluss des Klimas auf die Organisation der Pflanzen* (*Jahrbücher von Engler*, t. II; 1882).

» J'ai cherché à démontrer que des plantes de même espèce, végétant dans un sol sensiblement identique, mais soumises à des conditions climatériques différentes, peuvent éprouver d'importantes modifications dans leur organisation interne.

» Dans ce but, j'ai comparé entre elles une série de plantes recueillies, les unes dans la région méditerranéenne, à Carnoules et à Solliès-Toucas (Var), les autres dans les environs de Paris, à Lardy (Seine-et-Oise). J'ai choisi des plantes dont l'identité spécifique n'est pas contestée et qui végétaient les unes et les autres sur des coteaux sablo-calcaires, ayant la même exposition. De plus, pour les plantes du Midi, j'ai recueilli mes échantillons assez loin de la mer (environ 30^{km}) pour que les brises marines n'aient pu avoir d'action sur elles. En outre, les spécimens étudiés ont tous été récoltés en pleine floraison, ceux du Midi en juin et juillet, ceux des environs de Paris en août et septembre.

» J'ai reconnu ainsi que les plantes de notre région parisienne qui peuvent vivre dans le Midi de la France y modifient plus ou moins leur constitution histologique.

» Voici d'ailleurs les résultats qui m'ont été donnés par l'examen comparatif de cinquante-huit espèces de plantes herbacées ou sub-ligneuses réparties dans vingt-trois familles.

» *Épiderme des tiges et des feuilles.* — Les cellules épidermiques des tiges et des feuilles ont ordinairement des dimensions beaucoup plus grandes chez les plantes méditerranéennes que chez les plantes parisiennes; leur volume peut en effet tripler (*Chenopodium album*, *Galium Mollugo*, etc.) et même quadrupler (*Brunella vulgaris*, *Mentha rotundifolia*). Cette augmentation de volume est accompagnée et souvent déterminée par un épaississement notable des parois qui, parfois, peut être tel que le lumen des cellules est presque en entier obstrué. En même temps que les cellules épidermiques augmentent de taille, leur forme se modifie et les sinuosités qu'elles présentent, chez les plantes parisiennes, tendent à disparaître. Le nombre des poils, ainsi que celui des stomates, s'accroît aussi assez fortement.

» *Écorce.* — Dans l'écorce des plantes méditerranéennes le tissu assimilateur prédomine sur le tissu parenchymateux sans chlorophylle. Les éléments de ce dernier tendent à épaissir leurs parois de manière à constituer une zone protectrice doublant l'endoderme (*Solanum nigrum*, *Hypericum perforatum*, etc.).

» D'ordinaire ce parenchyme sans chlorophylle est composé de cellules plus petites et en couches moins nombreuses chez la plante du Midi, d'où l'écorce a souvent une épaisseur moindre, à moins qu'il n'y ait transformation du parenchyme vert en parenchyme en palissade, ce qui est très fréquent (*Verbena officinalis*, *Solanum*

nigrum, *Campanula rotundifolia*, *Asperula cynanchica*, *Reseda lutea,* etc.).

» Les faisceaux de sclérenchyme et de collenchyme contenus dans l'écorce des plantes parisiennes sont toujours plus développés chez les plantes du Midi; assez souvent l'assise sous-épidermique des tiges se modifie en un exoderme collenchymateux bien net, ce qui n'a lieu que faiblement ou même pas du tout chez la plante parisienne (*Sinapis arvensis*, *Poterium Sanguisorba*, etc.).

» L'endoderme se distingue nettement des tissus voisins; il est, en effet, presque toujours formé de cellules régulières à parois épaissies et fréquemment munies des plissements lignifiés caractéristiques qui sont, comme on sait, rarement apparents dans les tiges aériennes des plantes de notre région.

» *Cylindre central.* — Le péricycle, chez les plantes du Midi, a toujours une tendance à la sclérification complète de tous ses éléments, alors même qu'il est parenchymateux partiellement ou totalement chez les plantes du Nord.

» Le bois et le liber offrent dans les parties du même âge un plus grand développement chez les plantes méridionales que chez les plantes parisiennes; les faisceaux primaires renferment plus de vaisseaux, qui ont un calibre plus considérable, et dont il n'est pas rare de voir le diamètre devenir double (*Verbena officinalis*, *Anagallis arvensis*, etc.), et même triple (*Polygonum Convolvulus*) chez les espèces méditerranéennes.

» Une sclérose intense envahit de bonne heure tous les éléments cellulosiques des grands et des petits rayons.

» La sclérification s'étend également dans la zone périmédullaire et dans la moelle, alors qu'au même niveau chez les plantes parisiennes elle n'est encore que très faible.

» Le diamètre de la moelle est en général assez réduit chez les plantes du Midi.

» *Parenchyme foliaire.* — Dans les feuilles des plantes méditerranéennes le tissu en palissade atteint un très grand développement sous les deux faces, car les cellules du tissu lacuneux sont presque toujours allongées perpendiculairement à la surface du limbe.

» Il en résulte qu'à de très rares exceptions près, l'épaisseur des feuilles chez les plantes du Midi est considérable; ainsi, chez le *Campanula rotundifolia* et le *Lotus corniculatus*, les feuilles ont deux fois plus d'épaisseur en Provence qu'aux environs de Paris; chez l'*Anagallis arvensis,* l'épaisseur est triple.

» En même temps que les cellules du parenchyme foliaire s'allongent, quelques-unes se dédoublent parfois, de sorte que le nombre d'assises que possède la feuille est de ce fait fréquemment augmenté.

» *Tissu sécréteur.* — Les laticifères des *Lotus,* des *Papaver,* des *Euphorbia* sont plus nombreux et acquièrent un plus grand développement chez les plantes méditerranéennes; il en est de même des glandes de l'*Hypericum perforatum* qui sont nombreuses dans l'écorce de la plante du Midi, et rares chez la plante du Nord.

» Les cristaux d'oxalate de chaux sont également plus nombreux et atteignent des dimensions plus grandes chez les plantes du Midi (*Polygonum aviculare* et *P. Convolvulus, Agrimonia Eupatoria,* etc.).

» En résumé, les plantes végétant sous le climat méditerranéen diffé-

rent des mêmes espèces qui habitent la région parisienne par les caractères suivants :

» 1° *Épiderme à cellules plus grandes, à contours plus réguliers et à parois plus épaisses.*

» 2° *Écorce à tissu assimilateur l'emportant sur le parenchyme sans chlorophylle, ce dernier se transformant en tissu protecteur.*

» 3° *Accroissement du diamètre des vaisseaux.*

» 4° *Augmentation d'épaisseur des feuilles, par suite du grand développement du tissu palissadique.* »

MINÉRALOGIE. — *Sur la structure de certaines rouilles; leur analogie avec celle des minerais de fer sédimentaires de Lorraine.* Note de M. **Bleicher**, présentée par M. Daubrée.

« Il existe en Lorraine deux sortes de minerais de fer d'origine sédimentaire : le *minerai oolithique* (lias supérieur, oolithe inférieure), le *minerai de fer fort* des fissures des plateaux jurassiques des environs de Longwy, actuellement épuisé, d'origine tertiaire. Quelles que soient la forme et la richesse de ces minerais, lorsqu'on les traite *sans* pulvérisation, par l'acide chlorhydrique étendu, l'acide chlorhydrique concentré, l'eau régale additionnée ou non de chlorate de potasse, on obtient un squelette siliceux qui conserve la forme du fragment de l'oolithe, du pisolithe mis en expérience.

» L'hydroxyde de fer et l'alumine ont ainsi été enlevés par les acides au support siliceux devenu dans certains cas (oolithes) assez transparent pour qu'on puisse l'étudier au microscope à de forts grossissements et le photographier. La chamoisite du Valais, les minerais de fer oolithique du Wurtemberg, d'Alsace, des départements du Doubs, de l'Isère (La Verpillière), etc., appartenant aux étages du lias et de l'oolithe, donnent les mêmes résultats, comme aussi les oolithes ferrugineuses qu'on peut recueillir dans le résidu du lavage de certaines roches du muschelkalk supérieur de Meurthe-et-Moselle.

» Le fer pisolithique de diverses provenances, environs de Longwy, des minières abandonnées de Lexy, territoire de Belfort, Haute-Saône (Autrey), Tarn (plateau de Feneyrols, entre Bruniquel et Saint-Antonin), environs de Délemont (Suisse), etc., peut aussi être privé de son hydroxyde de fer, en laissant un squelette blanc zoné, conservant le calibre du pisolithe mis

en expérience, assez résistant pour pouvoir être inclus dans la paraffine et coupé en lames minces avec les microtomes.

» A la lumière polarisée, ces coupes ne s'éclairent que par places, à raison de grains de sable quartzeux extrêmement fins, empâtés dans la masse de silice colloïde, en couches hyalines, alternant avec des couches grises et troubles.

» Comme suite à ces recherches ([1]), pour ce qui regarde les oolithes du minerai de fer de Lorraine, nous avons examiné par les mêmes procédés, et dans les mêmes conditions, la rouille ancienne encroûtant des objets en fer provenant de sépultures ou de dragages, tels que clous de tombes gallo-romaines et mérovingiennes, poignées d'épées de la fin du xvie siècle, etc.

» Les résidus d'actions ménagées et énergiques des acides sur des fragments de rouille pris sur des objets en fer abandonnés depuis longtemps dans un sol, ou dans des graviers riches en silice, contiennent des lames siliceuses, quelquefois vitreuses, moulées sur l'hydroxyde de fer. Ces lames s'insinuent sous la forme d'un réseau extrêmement délié dans la masse même de la rouille qu'elles contribuent à solidifier.

» Examinées à de forts grossissements, ces lames siliceuses montrent des stries de moulage; elles sont souvent grenues, craquelées, vitreuses; des grains de sable quartzeux extrêmement fins s'y aperçoivent engagés dans la masse siliceuse avec laquelle ils font corps.

» A la lumière polarisée, on juge mieux du rôle important que jouent ces grains de quartz dans la constitution des lames. Le ciment siliceux colloïde qui les unit ne paraît pas très abondant, quoique cependant il y en ait assez pour que l'on soit forcé d'en chercher la source plutôt dans les eaux que dans la silice normale du fer métallique.

» Dans une poignée d'épée de la fin du xvie siècle provenant de dragages dans la Moselle, l'action de l'acide chlorhydrique étendu a montré des coques siliceuses isolées ou associées en réseau, de $0^{mm},5$ de diamètre, au milieu des fibres dissociées du fer nerveux. Ces coques isolées ont l'apparence d'oolithes imparfaites, réduites à leur enveloppe.

» La production de ces lames et coques siliceuses dans les rouilles anciennes paraît subordonnée à la présence de silice dans le sol ambiant, car des expériences faites sur des clous rouillés provenant de tombes

---

([1]) *Sur la structure microscopique du minerai de fer de Lorraine* (*Comptes rendus,* 18 mars 1892).

gallo-romaines creusées dans la craie du camp de Châlons n'ont donné aucun résidu de ce genre.

» Ces observations permettent d'affirmer que l'association hydroxyde de fer et silice peut assez rapidement, sous terre, en présence d'eau douce, provoquer la formation de rouilles comparables par leur apparence et leur structure aux minerais de fer des temps géologiques. »

PALÉONTOLOGIE. — *Sur des fruits de Palmiers trouvés dans le cénomanien aux environs de Sainte-Menehould.* Note de M. **P. Fliche**, présentée par M. Albert Gaudry.

« Les plus anciens restes de Palmiers trouvés jusqu'à présent, en Europe, ont été rencontrés dans le quadersandstein (cénomanien supérieur) de Tiefenfurth, en Silésie; en France, il faut arriver au sénonien pour en découvrir. Il est donc intéressant de constater leur présence dans le cénomanien à *Pecten asper* des environs de Sainte-Menehould. L'intérêt s'accroît encore par suite de ce fait que les fossiles ont des fruits dont la structure est bien conservée. Je vais les décrire sommairement en attendant une étude complète de la flore fossile de Sainte-Menehould.

» Ces fruits appartiennent à deux types très distincts constituant par suite deux genres :

» Le *premier type* se présente sous forme d'un gros noyau plus ou moins globuleux, pouvant atteindre jusqu'à 60^{mm} de diamètre; l'épaisseur de la paroi est alors de 8^{mm}; la structure de celle-ci est très bien conservée, et elle montre un enchevêtrement de fibres allongées, tout à fait analogues à celles qu'on observe dans la noix de coco actuelle. A l'intérieur de cette paroi, on trouve une grosse graine qui s'en détache plus ou moins aisément; tantôt la structure en est presque complètement conservée, tantôt elle a disparu. Dans le premier cas, on constate invariablement que la graine était en germination ; un albumen volumineux renferme un embryon dont le corps cotylédonaire très prédominant a déjà subi un assez fort développement et fait saillie au dehors, se dilatant en forme de bouton, ainsi que cela se voit sur les Palmiers en germination. Comme chez eux aussi, l'albumen ne semble pas altéré au contact de l'embryon. Ce fruit, à raison de sa structure, des pores caractéristiques de son noyau, a ses analogues actuels dans la section des Cocoïnées. C'est pour cela que je lui ai donné le nom de *Cocoopsis;* il m'a présenté deux espèces qui diffèrent assez

légèrement du noyau par la taille et par la forme presque globuleuse chez l'une, elliptique chez l'autre.

» Le *second type*, très distinct du premier, est plus rare; il présente aussi une structure moins bien conservée; le plus souvent on ne possède que la graine et seulement à l'état de moule, renfermant encore, il est vrai, quelquefois de très faibles portions de la structure conservée. C'est alors un parenchyme que l'on peut attribuer légitimement à un albumen de Palmier. Heureusement il reste en outre le plus souvent à la surface de ces graines des débris de la paroi du noyau; un échantillon m'a donné une partie importante de celle-ci. La structure rappelle celle du genre précédent. L'épaisseur de la paroi du noyau est seulement de 2^{mm}. La graine est obovale, fortement atténuée à une de ses extrémités; elle rappelle la forme d'un pépin de poirier qui serait peu aplati; elle mesure en moyenne 35^{mm} de longueur et 17^{mm} de diamètre au gros bout; elle paraît avoir présenté une petite cavité en son centre. Non seulement elle me semble avoir appartenu à un Palmier, mais encore à un genre de la même section que le premier fruit décrit. Elle a même de grandes analogies de formes, de dimensions avec certains *Astrocaryum* actuels; c'est ce qui m'a fait adopter, pour désigner ce fossile, le nom d'*Astrocaryopsis*, tout en faisant de grandes réserves au sujet des affinités réelles avec le genre vivant. Ce dernier type ne m'a fourni qu'une seule espèce.

» Je ne veux pas terminer cette Note sans remercier M. Zeiller, professeur à l'École des Mines, MM. Collet, Peron et Lambert auxquels je dois les matériaux qui ont servi de base à mon travail. »

GÉOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches sur un mode de striage des roches indépendant des phénomènes glaciaires.* Note de M. **Stanislas Meunier.**

« Au cours d'études expérimentales poursuivies depuis plusieurs mois sur la dénudation souterraine, j'ai été conduit à examiner les effets mécaniques éprouvés par les matériaux entraînés. C'est ainsi que j'ai constaté des stries de friction sur des blocs rocheux glissant, sous une charge suffisante, sur des amas de galets ou de graviers, ainsi que des stries creusées par ces mêmes pierrailles lors de leur glissement sur les masses rocheuses qui les supportent. Ces conditions, facilement reproduites dans des expériences de laboratoire, sont fréquemment réalisées dans la nature. Supposons une colline dont le flanc soit revêtu d'un épais placage de diluvium comme on

le voit le long de tant de vallées de la France septentrionale. Les eaux infiltrées jusqu'à la roche en place, déterminent lentement la désagrégation du sous-sol et, enlevant un à un les grains sableux interposés, elles privent peu à peu le terrain de transport de son substratum initial. Les cailloux, pressés les uns contre les autres, glissent sur la pente et, si le poids qui les surmonte est suffisant, ils imprimeront sur la roche sous-jacente des stries parallèles à la direction générale du glissement. De même, si ce diluvium contient de grosses dalles calcaires ou gréseuses suffisamment chargées par-dessus, et reposant sur les graviers, le lent démantèlement du terrain les fera glisser pour leur compte et les pierrailles sous-jacentes en burineront la face inférieure.

» Cet état de choses est vérifié à la fois par l'observation des faits naturels et par l'expérience.

» L'observation m'a mis récemment en présence d'un bloc de grès de Fontainebleau ayant subi l'action mécanique qui vient d'être décrite. Ce bloc est une dalle à contour heptagonal de 50^{cm} d'épaisseur et de 2^{m} environ de diamètre. Il gisait dans le diluvium superposé au calcaire grossier dans une carrière exploitée à Gentilly (Seine). Sur l'une des grandes faces on remarque des rayures anciennes et patinées disposées en groupe ou faisceaux, et ressemblant à s'y méprendre aux stries caractéristiques des blocs glaciaires. En certaines régions, les stries sont si serrées qu'on en compte une vingtaine sur une largeur de 30^{cm}; leur longueur peut atteindre 16^{cm} et leur largeur 6^{mm}. On voyait sur la dalle au moins trois directions de ces stries correspondant certainement à des rotations du bloc sur lui-même pendant son glissement.

» L'expérimentation, de son côté, a permis la reproduction de ce striage avec ses principaux caractères [1]. L'appareil a consisté en une table inclinée de 30° à 45° suivant les cas et sur laquelle on a accumulé des graviers diluviens mélangés ou non de sable et supportant, dans une première expérience, une dalle de calcaire non polie mais aplanie, sur laquelle un poids d'une vingtaine de kilogrammes a été assujetti. Un jet d'eau attaquant le tas de graviers en a déterminé l'écroulement, et la dalle surchargée a glissé suivant la pente. On a constaté à sa surface inférieure des paquets de stries creusées par le gravier.

---

(1) Voyez *Recherches expérimentales sur le striage des roches dû au phénomène erratique*, par M. Daubrée, insérées dans les *Annales des Mines*, 5e série, t. XII, p. 551; 1857.

» Une autre disposition a consisté à établir à poste fixe une dalle calcaire sur la table inclinée et à la recouvrir de galets supportant une planche convenablement surchargée. Cette fois, l'écroulement aqueux a fait glisser les galets sur la dalle qui a été striée.

» Ces expériences paraissent justifier les conclusions suivantes :

» 1° Les tassements et les glissements des terrains caillouteux, consécutifs à la dénudation souterraine, peuvent donner lieu à des stries, soit sur les galets, soit sur les roches qui supportent les galets, soit sur des dalles glissant sur les galets.

» 2° Il paraît nécessaire d'attribuer au mode de production dont il s'agit les stries observées à diverses reprises sur des galets diluviens [par exemple auprès de Paris par M. Julien et par M. de Mortillet, et dans l'Afrique du Sud (conglomérat de Dwyka) par M. Dunu]; celles qui ont été citées par Belgrand, par Collomb et par d'autres, sur des dalles de grès en place, à la Padole, et à Champcueil (Seine-et-Marne); celles enfin du bloc de grès de Gentilly.

» 3° Enfin, il y a lieu de ne pas qualifier un terrain de glaciaire, pour cela seul qu'il renferme des blocs striés, ou qu'il repose sur des roches striées, et sans s'être assuré, au préalable, que les stries ne peuvent pas provenir du mécanisme qui vient d'être décrit. »

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur la rigidité cadavérique*. Note de M. **J. Tissot**, présentée par M. Chauveau.

« Jusqu'à ce jour, deux opinions contraires ont divisé les physiologistes sur la question de la rigidité cadavérique. Les uns, avec Brücke, Kühne, prétendent qu'elle est due à un phénomène chimique, la coagulation de la myosine. D'autres, avec Nysten, Brown-Séquard, la considèrent comme une dernière contraction du muscle, c'est-à-dire comme un phénomène physiologique. Les seuls faits autorisant à soutenir la seconde hypothèse sont les analogies de la rigidité cadavérique avec la contraction musculaire et les faits publiés par Brown-Séquard [1]. Aucune des manifestations vitales essentielles n'a encore été observée dans les muscles rigides. Les expériences que j'ai faites sur ce sujet m'ont donné les résultats suivants :

» 1° Les muscles rigides sont très souvent excitables électriquement

---

[1] Brown-Séquard, *Gazette médicale*, 1851. — *Journal de la Physiologie*, 1858.

pendant un temps variable au début de la rigidité et même lorsqu'elle est complètement établie. Cette persistance de l'excitabilité est presque constante dans tous les cas où la rigidité survient rapidement. Ce phénomène est la règle dans certaines espèces (Cheval) chez lesquelles la rigidité survient toujours brusquement après la mort. On peut le mettre en évidence en strychnisant les animaux ou en les électrisant avant de les tuer (Grenouille, Chien, Chat). M. Chauveau a vu l'excitabilité durer cinq heures chez le Cheval.

» 2° Les muscles rigides dont l'excitabilité électrique est perdue peuvent encore conserver leur excitabilité mécanique pendant longtemps. M. Chauveau l'a vue persister quinze heures chez le Cheval. Chez le fœtus, je l'ai vue persister très vive pendant deux jours.

» Je dirai à ce propos que les muscles du fœtus deviennent rigides comme ceux de l'adulte; mais la rigidité y apparaît beaucoup plus tard, lorsque le fœtus a été extrait du corps de la mère et qu'on l'a laissé se refroidir. L'excitabilité électrique disparaît avant que la rigidité ait apparu, mais l'excitabilité mécanique (contraction idio-musculaire) persiste beaucoup plus longtemps, jusqu'à deux jours après le début de la rigidité.

» 3° Les muscles rigides qui ont perdu l'excitabilité électrique et mécanique possèdent encore l'excitabilité aux agents chimiques.

» Contrairement à ce qui a été dit par plusieurs physiologistes [1], l'excitabilité des muscles aux agents chimiques (chloroforme, ammoniaque, éther, etc.) persiste beaucoup plus longtemps que l'excitabilité mécanique, et persiste toujours la dernière. Je l'ai vue persister dans certains cas vingt-six et vingt-huit heures après la mort chez les Mammifères. Chez la Grenouille, elle disparaît de quatre à huit jours, après l'apparition de la rigidité complète (en hiver).

» 4° Tandis que l'excitabilité électrique décroît progressivement, l'excitabilité du muscle à certains agents croît en sens inverse et atteint son maximum lorsque l'excitabilité électrique disparaît et au moment où le muscle va entrer en rigidité. Pour d'autres agents chimiques, l'excitabilité décroît régulièrement sans atteindre de maximum. C'est une erreur de vouloir déterminer, d'après l'action d'un ou deux agents, comme l'ont fait beaucoup de physiologistes, la conduite des muscles envers les excitants chimiques en général, et on peut dire que le muscle se conduit différemment avec chacun d'eux.

---

(1) Catherine Schipiloff, *Recherches sur la nature et sur les causes de la rigidité cadavérique* (*Rev. méd. de la Suisse Romande*, n° 9).

» 5° Les muscles tétanisés et fatigués présentent de même une exagération de sensibilité aux mêmes excitants chimiques que les muscles rigides. On l'observe aussi dans les muscles dont les vaisseaux ont été ligaturés pendant un certain temps, et dans les muscles soumis aux causes de dépérissement, contact de l'air, chaleur, dessèchement, etc.

» 6° La contraction produite dans un muscle rigide par un excitant, même par une faible quantité de vapeurs (chloroforme, ammoniaque), est accompagnée de la production d'un courant du même sens que le courant d'action du muscle. Elle est aussi accompagnée d'un dégagement de chaleur, comme la contraction musculaire normale.

» 7° Les muscles rigides suspendus dans l'air absorbent de l'oxygène et exhalent de l'acide carbonique.

» 8° J'ai pu déterminer, mais dans deux cas seulement, l'apparition de la rigidité dans un gastrocnémien de Grenouille par une seule excitation électrique intense, un peu avant le moment où le muscle perd son excitabilité électrique. Je n'ai pas encore pu déterminer les conditions dans lesquelles ce phénomène se produit (1). »

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Mecanisme de l'hyperglycémie déterminée par la piqûre diabétique et par les anesthésiques. Faits expérimentaux pouvant servir à établir la théorie du diabète sucré et de la régulation de la fonction glycoso-formatrice à l'état normal.* Note de M. **Kaufmann**, présentée par M. Chauveau.

« Dans une Note antérieure (2) j'ai établi que le produit de la sécrétion interne du pancréas exerce, par l'intermédiaire du sang, une action frénatrice directe sur le tissu du foie. Il faut admettre, comme conséquence de ce fait, que la glycoso-formation intra-hépatique est susceptible d'être influencée par toute action modifiant l'activité de la sécrétion pancréatique interne. Quand le produit pancréatique cesse d'être versé dans le sang, les cellules hépatiques se trouvent libérées de la part de l'action frénatrice qui revient à ce produit, d'où suractivité de la production du sucre, hyperglycémie et glycosurie. Quand, au contraire, le sang qui arrive au foie est riche en produit pancréatique, les éléments hépatiques

(1) Travail du laboratoire de Pathologie comparée du Muséum d'Histoire naturelle.

(2) Voir *Comptes rendus*, numéro du 26 mars 1894.

sont soumis à une action frénatrice puissante, d'où diminution de la production sucrée et hypoglycémie.

» En poursuivant l'analyse expérimentale de la régulation de la fonction glycémique, j'ai trouvé des faits nouveaux qui permettent de mieux saisir le mode d'action du système nerveux sur la glycoso-formation et de comprendre les perturbations diverses de cette fonction.

» Cl. Bernard a montré que la piqûre du bulbe (piqûre diabétique) produit l'hyperglycémie et la glycosurie. Tout le monde sait aussi que le même effet hyperglycémique se produit, mais généralement à un moindre degré, sous l'influence de l'administration des anesthésiques. Mais jusqu'ici le mécanisme de l'hyperglycémie ainsi provoquée est resté fort obscur et controversé. La découverte de l'action frénatrice exercée directement sur le foie par la sécrétion interne du pancréas, m'a permis d'envisager la question à un point de vue nouveau.

» L'action nerveuse, créée dans les centres par la piqûre du bulbe, se transmet-elle au pancréas ou au foie, ou simultanément à ces deux organes? L'hyperglycémie pourrait, en effet, dériver d'une suspension de l'activité pancréatique interne, ou une excitation des éléments glycoso-formateurs du foie, ou d'une action s'exerçant simultanément sur le foie et le pancréas.

» On sait que la piqûre diabétique est destituée de son effet hyperglycémique ordinaire si l'on coupe préalablement les nerfs splanchniques (Cl. Bernard). Mes expériences confirment ce fait de la façon la plus complète et montrent de plus que, dans ces mêmes conditions, l'administration des anesthésiques n'est plus suivie d'aucun effet hyperglycémique. L'expérience suivante suffit pour le démontrer :

» *Expérience* I. — Chien de 13^{kg} en parfait état de santé et à jeun, ayant subi 43 jours auparavant la section des deux nerfs splanchniques en arrière du diaphragme.

	Sucre pour 100^{gr} de sang jugulaire.
Première anesthésie chloroformique.	
Avant l'anesthésie	0,898
Pendant l'anesthésie confirmée	0,898
Deux jours après nouvelle anesthésie.	
Avant l'anesthésie	0,909
Pendant l'anesthésie confirmée	0,842
La piqûre diabétique est pratiquée aussitôt après.	
4 heures après la piqûre	0,833

» Ainsi l'action hyperglycémique créée dans les centres nerveux par la

piqûre diabétique ou par les anesthésiques passe tout entière dans les cordons nerveux formés par les splanchniques. Ces deux nerfs transportent nécessairement l'impression dans le ganglion semi-lunaire dans lequel ils se terminent. Mais au delà de ce ganglion que devient cette action et à quels organes se transmet-elle?

» Les trois séries de résultats expérimentaux qui suivent nous l'apprennent.

» A. *Effets de la piqûre diabétique et des anesthésiques sur les animaux dont le foie et le pancréas sont énervés simultanément.* — Quand on a coupé tous les filets nerveux qui, du ganglion solaire, se rendent au foie et au pancréas, la piqûre diabétique et les anesthésiques n'ont plus aucun effet hyperglycémique. Donc l'influence nerveuse transmise par les splanchniques au ganglion solaire s'échappe de celui-ci en suivant la voie des nerfs coupés, c'est-à-dire arrive au foie ou au pancréas, ou encore simultanément à ces deux organes.

» B. *Effets de la piqûre diabétique et des anesthésiques sur les animaux dont le foie conserve ses relations nerveuses intactes, mais dont le pancréas est énervé.* — Sur des animaux ainsi préparés, l'action créée dans les centres nerveux par la piqûre diabétique et les anesthésiques continue à produire l'hyperglycémie. Le foie reçoit donc une excitation par ses fibres excito-sécrétoires. Ce résultat est en harmonie avec celui obtenu récemment par MM. Morat et Dufour, à l'aide d'un procédé différent.

» C. *Effets de la piqûre diabétique et des anesthésiques sur les animaux dont le foie seul est énervé, le pancréas conservant ses relations nerveuses intactes.* — Les expériences démontrent qu'en l'absence de toute transmission nerveuse au foie la piqûre diabétique et les anesthésiques produisent encore leur effet hyperglycémique, pourvu que le pancréas conserve ses relations nerveuses intactes.

» En rapprochant les résultats des trois séries A, B et C, on arrive à cette conclusion importante, à savoir que : *l'action créée dans les centres nerveux sous l'influence de la piqûre du bulbe et des anesthésiques est transmise simultanément au foie et au pancréas*. Chacun de ces deux organes est influencé dans le sens de l'hyperglycémie. Le foie reçoit donc une action excito-sécrétoire pour la glycose, et le pancréas une action fréno-sécrétoire pour sa sécrétion interne. Les deux effets engendrés simultanément se superposent et placent l'organe glycoso-formateur dans les conditions les plus favorables à la production du sucre. Ainsi se trouve démontrée l'une des conclusions les plus importantes des recherches que nous avons faites M. Chauveau et moi [1].

» Les cellules hépatiques possèdent une activité glycoso-formatrice qui

---

[1] *Comptes rendus*, mars 1893.

leur est propre et qui est indépendante du système nerveux, comme le montre le fait de la persistance de la glycoso-formation sur un foie isolé ou énervé. Mais, dans l'organisme normal, la production de la glycose devant être en rapport avec sa consommation, le système nerveux intervient pour la régler et l'adapter aux besoins.

» La glycoso-formation a à son service un moteur : c'est le foie, et un frein : c'est le pancréas. Les faits exposés ci-dessus démontrent que la puissance du moteur s'accroît en même temps que celle du frein diminue. On voit, en effet, que le pancréas cesse de verser dans le sang son produit de sécrétion interne qui est frénateur pour les cellules hépatiques, pendant que le foie reçoit, par ses nerfs, une impulsion sécrétoire plus intense.

» Ces faits permettent de comprendre très simplement le mécanisme de la régulation de la glycoso-formation.

» Toujours les centres nerveux transmettent par la voie des splanchniques et du ganglion solaire deux actions inverses simultanées : l'une est déversée sur le foie, l'autre sur le pancréas. A l'état normal, ces actions, suivant la manière dont elles sont combinées, amènent une production de sucre qui est tantôt plus, tantôt moins abondante.

» Les causes du diabète sucré agissent toutes en affaiblissant l'action frénatrice et en exaltant l'action glycoso-formatrice, par le mécanisme indiqué ci-dessus. »

M. Alfred Basin adresse un Mémoire « Sur le grand canal des deux mers ».

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie. J. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 19 mars 1894.

Centenaire de la fondation du Muséum d'Histoire naturelle, 10 juin 1793-10 juin 1893. Volume commémoratif publié par les professeurs du Muséum. Paris, Imprimerie nationale, 1893; 1 vol. in-4° (Présenté par M. Milne-Edwards.)

Traité de Thérapeutique infantile médico-chirurgicale, par les Drs Paul Le Gendre et A. Broca. Paris, Steinheil, 1894; 1 vol. gr. in-8°. (Présenté par M. Bouchard.) (Renvoyé à la Section de Médecine et Chirurgie.)

Bulletin astronomique, publié sous les auspices de l'Observatoire de Paris, par M. F. Tisserand, Membre de l'Institut, avec la collaboration de MM. G. Bigourdan, O. Callandreau et R. Radau. Tome XI. Février et mars 1894. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1894; 2 fasc. in-8°.

Annuaire de la Marine pour 1894. Paris, Berger-Levrault et Cie; 1 vol. in-8°.

Notice sur les travaux scientifiques de M. A. Etard. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1894; 1 br. in-4°.

Bulletin de la Société philomathique de Paris, fondée en 1788. Huitième série. Tome VI, n° 1, 1893-1894. Paris; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société de Géographie, 3e trimestre 1893. Paris, 1894; 1 vol. in-8°.

Bulletin des séances de la Société nationale d'Agriculture de France. Compte rendu mensuel, rédigé par le Secrétaire perpétuel. Année 1894. Nos 1 et 2. Paris, Chamerot et Renouard, 1894; 2 fasc. in-8°.

Report of the fourth meeting of the australasian Association for the advancement of Science, held at Hobart, Tasmania, in January 1892. Sydney; 1 vol. in-8°.

Memorie della Società degli spettroscopisti italiani, raccolte e pubblicate per cura del prof. P. Tacchini. Roma, 1894; 1 br. in-4°.

Memoirs to the national Academy of Sciences. Volume VI. Washington, 1893; 2 vol. in-4°.

Anales del Museo nacional de Montevideo, publicados bajo la direction de J. Arechavaleta. Montevideo, 1894; 1 vol. in-4°.